Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

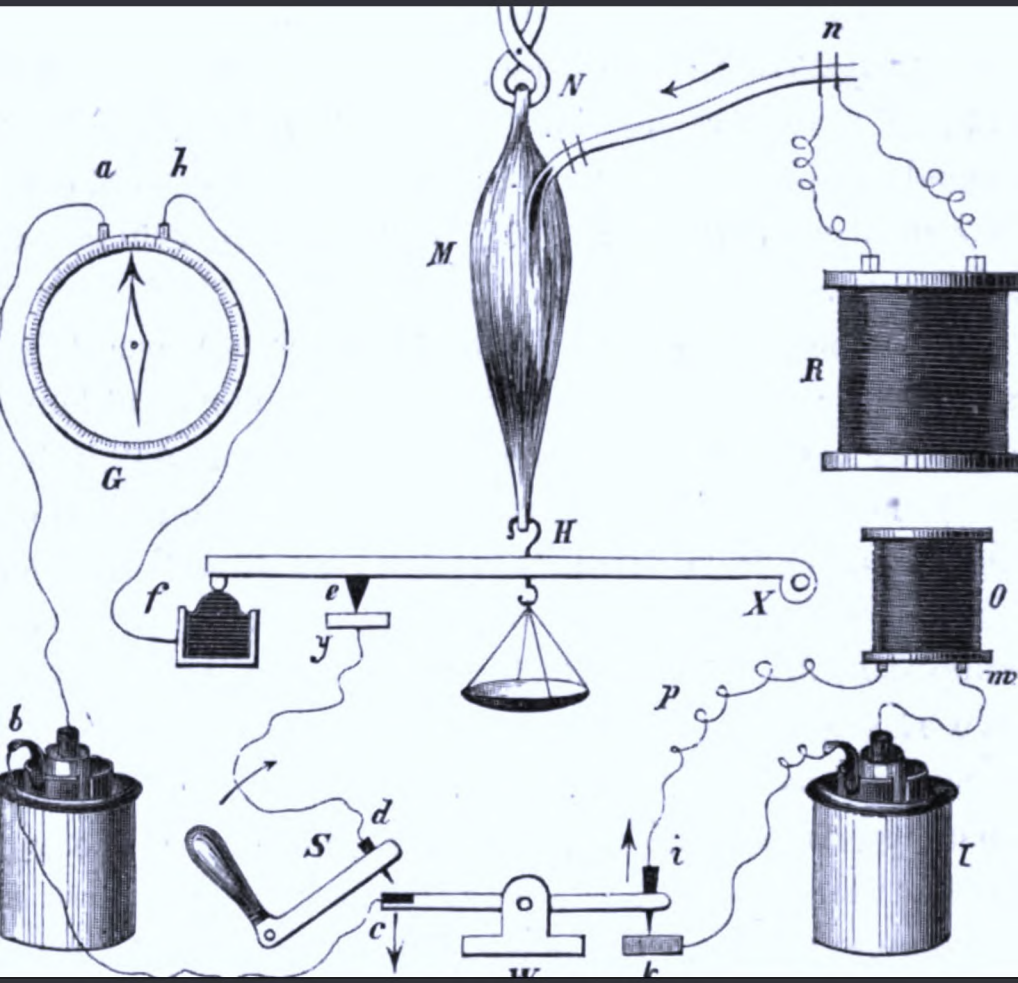
+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`



La legge del tempo nei fenomeni del pensiero

Gabriele Buccola

Digitized by Google

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF WISCONSIN.
No. 21989

University of Wisconsin
LIBRARY
Class Bj
Book B85

UNIVERSITY

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

BIBLIOTECA SCIENTIFICA INTERNAZIONALE

VOL. XXXVII.

Digitized by Google

Biblioteca Scientifica Internazionale

MEDAGLIA DI BRONZO ALL'ESPOSIZIONE UNIVERSALE DI PARIGI DEL 1878

E MEDAGLIA D'ARGENTO

ALL'ESPOSIZIONE NAZIONALE DI MILANO DEL 1881.

SI È PUBBLICATO:

Blaserna. La teoria del suono. . . . . L. 5 —
Balfour Stewart. L'energia, sue forme — sue leggi — sua conservazione . . . . . » 5 —
Maudsley. La risponsabilità nelle malattie mentali . . . . » 6 —
Schutzenberger. Le fermentazioni . . . . . » 6 —
Vogel. Gli effetti chimici della luce e la fotografia nelle loro applicazioni alla scienza, all'arte, all'industria. . . . . » 6 —
Jevons. La moneta e il meccanismo dello scambio . . . . . » 6 —
Draper. Il conflitto fra la religione e la scienza . . . . . » 6 —
Dwight-Whitney. La vita e lo sviluppo del linguaggio . . » 6 —
Berthelot. La sintesi chimica . . . . . » 6 —
Cooke. La nuova chimica . . . . . » 6 —
Vignoli. Della legge fondamentale della intelligenza nel regno animale . . . . . » 5 —
Tyndall. Nuvole, fiumi, ghiaccio e ghiacciaj . . . . . » 6 —
Quatrefages. La specie umana . . . . . » 7 —
Secchi. Le stelle, saggio di astronomia siderale, con molte incisioni e 9 tavole colorate . . . . . » 10 —
Dumont. Il piacere ed il dolore, teoria scientifica della sensibilità . . . . . » 6 —
Lombroso Cesare. Pensiero e meteore; note di un alienista » 6 —
Lockyer F. R. S. Analisi spettrale, con tav. fotogr. e crom. » 7 —

Digitized by Google

WURTZ. Teoria atomica . . . . . L. 6 —
ROSSI. Meteorologia endogena. Volume I con tavole . . . » 7 —
» » » Vol. II con 23 incis. e tavole » 7 —
BERNSTEIN. I sensi dell'uomo . . . . . » 6 —
MORSELLI prof. ENRICO. Il suicidio. Saggio di statistica morale comparata . . . . . » 8 —
VIGNOLI. Mito e scienza . . . . . » 6 —
BÖHMERT. Partecipazione al profitto. . . . . » 7 —
BAIN. La scienza dell'educazione . . . . . » 6 —
CANESTRINI. La teoria di Darwin . . . . . » 7 —
SPENCER. Le basi della morale . . . . . » 6 —
FUCHS. Vulcani e terremoti . . . . . » 6 —
MANTEGAZZA. Fisonomia e mimica. *Seconda edizione* . . . » 6 —
SERGI. Teoria fisiologica della percezione . . . . . » 6 —
SPENCER. Introduzione allo studio della sociologia. . . . . » 7 —
R. FERRINI e P. POGLIAGHI. La luminosità elettrica dei gas e la materia radiante . . . . . » 6 —
CATTANEO G. Le colonie lineari e la morfologia dei molluschi. » 6 —
YOUNG. Il sole . . . . . » 6 —
HUXLEY. Il Gambero. Introduzione allo studio della zoologia » 6 —
DE CANDOLLE. Origine delle piante coltivate . . . . . » 7 —
BUCCOLA G. La legge del tempo nei fenomeni del pensiero. » 6 —

Legatura all'inglese dei primi venti volumi, ciascuno. . . » 1 50

DI PROSSIMA PUBBLICAZIONE:

POGLIAGHI P. La trasmissione elettrica dell'Energia. . . . 1 Vol.
ROBERT SCOTT. Meteorologia . . . . . 1 »

Digitized by Google

Digitized by Google

LA LEGGE DEL TEMPO

NEI

FENOMENI DEL PENSIERO

SAGGIO DI PSICOLOGIA SPERIMENTALE

DI

GABRIELE BUCCOLA

DOCENTE DI PSICHIATRIA NELLA REGIA UNIVERSITÀ DI TORINO

Con Incisioni e Tavole litografiche.

MILANO

FRATELLI DUMOLARD, EDITORI

1883.

Digitized by Google

Proprietà letteraria.

MILANO — COI TIPI DI A. LOMBARDI.

Digitized by Google

BJ
.B85

INDICE

Pag.

DEDICA XI
PREFAZIONE XIII
INTRODUZIONE 1

CAPITOLO PRIMO.

La legge del tempo nei fenomeni mentali 25

CAPITOLO SECONDO.

Le condizioni sperimentali per la ricerca del tempo psichico. 35

CAPITOLO TERZO.

I fattori del processo psichico elementare 53
I. *Periodo sensorio latente* 55
II. *Trasmissione sensitiva periferica* 57
III. *Trasmissione motrice periferica*. 65
IV. *Periodo latente muscolare* 74
V. *Trasmissione nel midollo spinale* 79
VI. *Processi psicofisici del cervello* 87

CAPITOLO QUARTO.

Il tempo di reazione ai vari stimoli di senso 95

21489

Digitized by Google

CAPITOLO QUINTO.

Pag.

Tempo degli atti psichici e degli atti reflessi 113

CAPITOLO SESTO.

I modificatori del tempo di reazione. 145
I. *Modificatori biologici.* 146
II. *Modificatori psichici* 154
III. *Modificatori fisico-chimici* 175
IV. *Modificatori patologici* 196

CAPITOLO SETTIMO.

La durata del processo psichico elementare negli alienati . . 203
I. *Imbecillità e idiotismo* 205
II. *Forme di demenza.* 210
III. *Forme di esaltamento* 215
IV. *Forme di malinconia.* 219
V. *Deliri sistematizzati primitivi* 222
VI. *Forme di epilessia.* 224

CAPITOLO OTTAVO.

Il tempo di reazione ed il senso dello spazio tattile 227

CAPITOLO NONO.

Il tempo del discernimento e della determinazione volitiva. . 249

CAPITOLO DECIMO.

Variazioni del tempo del discernimento e della determinazione volitiva. 283

CAPITOLO UNDECIMO.

La durata delle percezioni complesse e dell'associazione delle idee 290
I. *Percezioni complesse.* 300
II. *Associazione delle idee* 307

Digitized by Google

CAPITOLO DODICESIMO.

Pag.

La durata della riproduzione 315

I. *La riproduzione delle percezioni di movimento nello spazio visivo*. 320

II. *La riproduzione delle percezioni di movimento nello spazio tattile* 345

CAPITOLO TREDICESIMO.

Il senso del tempo. 369

CAPITOLO QUATTORDICESIMO.

I fenomeni della memoria organica 379

CAPITOLO QUINDICESIMO.

Epilogo 429

Digitized by Google

Digitized by Google

ALLA

MEMORIA VENERATA

DEL PADRE MIO

Digitized by Google

Digitized by Google

PREFAZIONE

Il libro, che presento al pubblico italiano, è il frutto di parecchi anni di studi e di esperienze; e per l'argomento che vi si svolge, spero che meriterà l'attenzione dei cultori della scienza.

Se oggi i problemi concernenti la fisiologia del pensiero svegliano un interesse quasi universale, è da aspettarsi che il problema della misura del tempo nei processi psichici debba tenere uno dei primi posti per la sua grandissima importanza. Mi basti il dire che la letteratura psicometrica, esprimendo con tal parola tutta la congerie di ricerche riferibili alla durata degli atti mentali, è assai ricca, e ne fa splendido attestato l'operosità scientifica della Germania, che è la terra classica della psicologia sperimentale. Tra l'Helmholtz e il Wundt si stende una falange di fisiologi e di medici, che da ogni aspetto, da ogni lato studiano, misurano, comparano i fenomeni psichici elementari e complessi sotto diverse condizioni e circostanze; e già i risultati raccolti dalle persistenti indagini degli osservatori costituiscono un materiale veramente prezioso.

Digitized by Google

Tra noi finora nessuno, se facciasi eccezione dello Schiff e dell'Herzen per alcune esperienze fatte durante la loro dimora in Italia, si è occupato dei problemi psicometrici. Da fisiologi e da psicologi insigni se ne parla qua e là nei loro libri; ma ricerche originali, od almeno ripetizioni di esperimenti mancano del tutto, a meno che fra gli ultimi non si vogliano computare le indispensabili determinazioni astronomiche dell'equazione personale. Io volli da solo tentare questa via, sorretto unicamente dalla conoscenza di molta parte della letteratura contemporanea. Libri, memorie, articoli lessi e studiai con diligenza e premura: pochissimi lavori poterono sfuggirmi, e tra questi forse qualcuno di data non molto recente.

Ascrivo a singolare fortuna l'avere cominciato fin dal 1880 le mie ricerche nel Frenocomio di Reggio-Emilia, che in Italia rappresenta uno dei centri scientifici più fecondi. Le continuai nell'Istituto psichiatrico dell'Università di Torino, che scelsi a sede di perfezionamento dei miei studi per provvida ed onorifica disposizione ministeriale, ampliando largamente il campo delle esperienze e nello stesso tempo modificandone ed innovandone la parte tecnica. E qui ogni parola non sarebbe adeguata ad esprimere quanto debbo agli aiuti ed alla affettuosissima e magistrale cooperazione del professore Morselli.

L'intendimento precipuo che ho avuto nel dare alle stampe il mio libro è quello di esporre, senza inviluppo di calcoli, in una forma che forse riescirà intelligibile e chiara, ciò che oggi si conosce intorno alla misura del tempo negli atti psichici elementari e complessi. Nè mi contento solo di riassumere largamente i risultati che son venuti accumulandosi in questi ultimi anni; ma ho inteso anche

Digitized by Google

assoggettare a disamina scientifica quelle dottrine o quei fatti che mi sono parsi manchevoli o male interpretati. E ciò non basta: oltre alla parte espositiva e critica, il lettore vedrà di leggieri nel corso del volume che io faccio assegnamento sopra un numero non piccolo di mie esperienze, di cui molte possono con legittimità intitolarsi originali, perchè da altri non compiute.

Lontano dalle trascendenze metafisiche, mi propongo adunque di illustrare con deboli forze un capitolo di psicologia sperimentale, tenendo per guida i fatti e riducendo ai minimi termini o sopprimendo addirittura ogni discussione teorica. E si badi bene: parlo della « psicologia sperimentale » nel vero e proprio significato che si dà a questa scienza, di cui se, in verità, ignoro quanti cultori esistano in Italia, so pur troppo che essa nei suoi principii e nel suo metodo è fraintesa da alcuni, che per giunta, come suole spesso avvenire, pretenderebbero discorrere di quistioni psicologiche senza sapere quel che si dicano.

Mi sia lecito aggiungere in fine che non mi sarei indotto alla pubblicazione di questo libro, nè i solerti e benemeriti editori della « Biblioteca internazionale » avrebbero accettata la proposta, se alcuni saggi comparsi nella Rivista di Freniatria *e nella* Rivista di filosofia scientifica *non fossero stati tenuti in qualche pregio da reputatissimi periodici italiani e stranieri e da scienziati eminenti, che incoraggiarono l'autore e gli furono larghi di benevoli consigli.*

Dall'Istituto psichiatrico dell'Università di Torino.
Marzo, 1883.

G. Buccola.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTRODUZIONE

I CARATTERI DELLA PSICOLOGIA MODERNA.

La psicologia contemporanea ha rotto il cerchio delle tradizioni metafisiche e procede con alacrità nella via regia dell'osservazione obiettiva e dell'esperimento. È impossibile oggidì parlare di psicologia astratta o metempirica, che ponendo delle leggi assiomatiche vuole dai fenomeni risalire alla causa ultima di essi, e crea perciò con le sue definizioni apodittiche e con le rivelazioni infallibili della coscienza uno schema fantastico di facoltà. L'analisi scientifica dei fatti, che formano il substrato fisico e rappresentano le condizioni meccaniche, per mezzo delle quali si esplicano la sensazione, l'idea, l'impulso motore, ha dimostrato che è un errore soggettivo l'esistenza di un quid speciale, che vive negli organi e li sovrasta, di una sostanza inestesa, che ha i caratteri dell'uno e del

Digitized by Google

semplice. È la tesi della vecchia metafisica, la quale va in traccia di « noumeni », senz'avvedersi che l'universo è una pura fenomenalità, che il pensiero non può sorvolare sulle apparenze concrete, se non col rischio di cadere nell'astratto, che i limiti infine della conoscenza sono i limiti della induzione, e questa non può darci nulla al di là della vita fenomenica. Noi crediamo di essere nel vero dicendo che è una concezione assurda, anzi una morbosità intellettuale, sforzare l'intelletto umano nella ricerca di sostanze e della natura intima delle cose: invece ciò che costituisce un dato sicuro di cognizione, con diritto scientifico indipendente da qualunque principio o idea, è il fenomeno. Il fenomeno, che sembra qualche cosa di fluttuante nella realtà, può fornirci delle nozioni e delle leggi stabilmente fisse: anzi, come osserva un eminente pensatore, non si dà altra natura di dati conoscitivi, altra stabilità di principii scientifici, fuori dell'empirica, la quale risulta unicamente dalla ripetizione costante ed uniforme degli stessi fenomeni (1). La scienza non si dimezza, non si adultera riducendola al mero fatto: è un vecchio pregiudizio, che signoreggia la mente dei più, ed è mantenuto vivo dalle norme aprioristiche di quella larva di scienza, che, smembrando il reale, colloca in ogni singola cosa due strati, due involucri,

(1) ARDIGÒ, *La psicologia come scienza positiva*. Cap. I. La cognizione scientifica.

Digitized by Google

uno esteriore che è il fenomeno, ed uno interno che è la sostanza. O, per dir meglio, intuisce in ogni cosa un' essenza speciale, e delle fenomenalità che accompagnano questa essenza. Nell'essenza riposa una realtà vera ed immutabile, che ha ragioni eterne ed universali; nel fenomeno per contrario ondeggia una realtà incerta e mobilissima, dalla quale non si potrà mai cavare quella somma di leggi, che recano con sè l'impronta di leggi scientifiche.

Questi concetti sono stati trasportati nel dominio dei fatti psichici, e ne è venuta fuori una psicologia vuota, infeconda, che si è smarrita nelle ricerche fantastiche di problemi inutili non solo, ma insolubili, senza fondar nulla di concreto e di effettivo.

Mentre le scienze fisiche, un tempo anch'esse soggiogate al carro delle quiddità scolastiche, hanno disertato definitivamente il campo della negromanzia filosofica e si son chiamate scienze puramente fenomeniche, interpretando e inducendo col solo studio attento dei fatti le leggi che regolano i moti della natura, sì negli immensi spazi siderali, che negli infinitamente piccoli interstizi di etere frapposto fra molecola e molecola; la psicologia invece, che dovrebbe essere la fisica del pensiero umano, è rimasta ancora irretita nelle maglie degli assoluti e delle essenze, ed attaccata, come polipo allo scoglio, tenacemente al vecchio

Digitized by Google

metodo aprioristico, che rifugge dall'induzione e dalla esperienza. E mentre non solo le scienze fisico-chimiche, ma la biologia, che deve oramai essere il fondamento d'ogni studio psichico, cancellando dalle sue pagine gli spiriti vitali, ha provato luminosamente, con la morfologia comparata e con l'embriogenia, l'unità non interrotta delle varie forme organizzate, dalle amebe protoplasmatiche al vertebrato ricchissimo di apparecchi specificati e di meccanismi nervosi, e, per ardite induzioni, rese legittime dalle leggi generali della natura, l'unità ancora più meravigliosa dei due mondi organici; la psicologia ha persistito nella dualità inconcepibile dello spirito e della materia, creando delle astrazioni, che non ispiegano nè la genesi, nè le leggi, insomma, della produzione dei fatti mentali.

Così pare, riandando le varie fasi del pensiero umano, che la psicologia fino ai nostri tempi sia rimasta fuori dell'armonia concorde delle scienze ad essa affini, ed imbevuta di metodi che non sono quelli ordinari e connaturati all'intelligenza umana. Abbandonare le vie dell'assoluto e delle sostanze, perchè impervia al nostro pensiero; restare nella relatività dei fatti e contentarsi dello studio dei fenomeni e delle loro condizioni: ecco il vero programma scientifico. Il dominio della scienza, come ha notato un illustre fisiologo, poggia sull'analisi e sulla misura di ogni singolo fenomeno; ma quando si tenta di penetrarne l'essenza, e per questo si sup-

Digitized by Google

pone nei fenomeni un mobile immateriale, s'imagina una forza che sia fuori di essi e nondimeno li domini, allora avremo degli schemi ideali, che non si conformano alla realtà delle cose. Se la scienza ha respinto la sostanzialità delle forze fisiche, devesi ragionevolmente respingere la sostanzialità dell'energia psichica. Quanti fantasmi, isolati per astrazione e designati con un sostantivo, non ha fatto sparire l'esperienza! « Il principio vitale, l'anima vegetativa, le qualità occulte, le virtù specifiche, le affinità, gli appetiti, gli archei » ecco una legione, una coorte di agenti misteriosi, che un tempo si credevano indispensabili per ispiegare le trasformazioni della materia, ed oggi, come parole vuote di significato, sono appena ricordate dalla storia. Nel mondo fisico, come nel mondo morale, non sussistono che i soli fenomeni, le loro condizioni e le loro dipendenze: gli uni concepiti sul tipo della sensazione, gli altri sul tipo del movimento (1).

Ma oramai le vere e sane dottrine della scienza cominciano a dar frutti abbondanti; e chi segue con occhio attento il moto operoso, che circola negli studi moderni, si accorgerà di leggieri che due grandi concetti dominano tutto lo sviluppo della psicologia, trasformandone il contenuto: la teoria evolutiva e la applicazione dei metodi scientifici ai fenomeni mentali.

(1) TAINE, *De l'intelligence*. T. prem., Liv. IV, Ch. III.

Digitized by Google

La legge evolutiva, che spiega la trasformazione universale dell'omogeneo in eterogeneo, eccola riassunta per bocca dello Spencer in poche parole: « Ogni forza attiva produce più di un cangiamento, ogni causa produce più di un effetto. »

Di fronte alla fauna, così ricca e così varia di forme, quale si presenta nel momento zoologico attuale, come di fronte all'immensa complessità dei fenomeni psichici, che si palesano nell'uomo incivilito, la nostra posizione scientifica non cambia: sì l'una che l'altra sono derivate successivamente, per lento e graduale svolgimento, per battaglie titaniche sostenute nei lunghi periodi della vita cosmica, da stati primitivi più semplici, più omogenei, più indefiniti. Come ogni susseguente deriva da un antecedente, così tutti i fatti fisici e mentali, biologici e sociologici, derivano da antecedenti che, ricondotti per induzione di età in età, fin dove si può giungere con le norme sicure dell'ipotesi, lasciano scoprire maggiore semplicità a misura che si distaccano dal momento presente, e ci dimostrano nella nebulosa il primo stadio del sistema solare, nel moto amiboideo dei protozoi il disegno embrionale dell'intelligenza, nella monera la preparazione del vertebrato, nella tribù selvaggia il germe della costituzione dei popoli civili.

Questa grande dottrina dell'evoluzione, applicata ai fatti mentali, ha generato una scienza molto, anzi so-

Digitized by Google

stanzialmente diversa dalla vecchia psicologia intessuta di preconcetti e di a priori. Essa ha reso possibile la psicologia comparativa, di cui il Romanes diede testè splendido esempio; la psicologia etnica, come la delineò Herbert Spencer, e la psicologia dell'infanzia, le cui prime linee stupende furono sbozzate dal Darwin e dal Taine. Essa, infine, a quel simulacro di scienza, che pretende indagare le manifestazioni della mente dal punto di vista statico, sostituisce la personalità vera di una scienza, la psicogenesi, la quale studia i fatti nel loro sviluppo successivo. Se si volessero riassumere in poche parole i caratteri differenziali dell'antica e della moderna psicologia, diremo col Ribot che questa è diversa da quella per il suo tono fondamentale, per il suo scopo, pei suoi processi: cioè non è metafisica, non studia che i soli fenomeni, ed impronta i suoi metodi alle scienze biologiche (1).

Dei tre momenti differenziali l'ultimo deve attirare in modo precipuo la nostra attenzione. Mentre le vecchie dottrine si esaurivano nella pura osservazione introspettiva, la quale nè ci rendeva conto dei fenomeni psichici del fanciullo, dell'uomo selvaggio e dell'alienato, nè ravvisava nel cervello le condizioni organiche del pensiero, nè sospettava l'immensa efficacia dell'incosciente, che è il fondamento della vita

(1) RIBOT, *Psychologie allemande contemporaine.* Introduction.

Digitized by Google

mentale (1); oggi la scienza fa appello non soltanto all'osservazione obiettiva, cioè a quel metodo che perscruta le energie psichiche nei fatti che le traducono fuori della coscienza, ma ricorre con audacia singolare all'esperimento. Il metodo dell'auto-osservazione, il responso del proprio io, che il metafisico contrappone all' « empirismo » della scienza, è un inganno continuo. Se oggi, ripeterò una frase argutissima del Wundt, l'abitatore di un altro mondo venisse tra noi e del tutto ignaro delle proprietà dell'anima umana volesse farsene un'idea sopra i libri di psicologia, egli probabilmente concluderebbe che tutte le descrizioni sull'anima si riferiscono ad esseri piovuti da mondi diversi (2).

La psicologia moderna, la cui natura è esplicativa, si rivolge all'esame dei fenomeni psichici, partendo dai processi fisiologici, coi quali quei fenomeni tengono intime connessioni. Così la nostra scienza non accetta il punto di vista dell'analisi soggettiva, ma cerca dall'esterno di penetrare nell'interno, ricorrendo all'aiuto più efficace di ogni ricerca naturale, che è il metodo sperimentale (3). Pure, a prima giunta, parrebbe che noi dovessimo in modo esclusivo parlare di applica-

(1) MAUDSLEY, *Physiologie de l'esprit*. Ch. I.

(2) WUNDT, *Die Aufgaben der experimentellen Psychologie*. Aus « Unsere Zeit, » pag. 8.

(3) WUNDT, *Grundzüge der physiologischen Psychologie*. Bd. I, p. 5.

Digitized by Google

zione dell'esperimento nel dominio psicofisico, perchè possono essere variate volontariamente, dentro certi limiti, e rese accessibili alla misura diretta le sole condizioni fisiche dei processi interiori. Ed invero, sotto siffatto aspetto, non vi sono esperienze psicologiche, sibbene psicofisiche. Nondimeno sarebbe erroneo se con questo fondamento si volesse oppugnare la possibilità di una psicologia sperimentale. Il mutamento, che è determinato dal variare di una condizione, non dipende semplicemente dalla natura della condizione, ma anche dalla natura del condizionato; e perciò i cangiamenti nel contenuto della nostra vita psichica, che sono prodotti dalla variazione delle influenze esterne, con le quali trascorrono legami di mutua dipendenza, varranno ad illuminare gli stessi fenomeni interiori. In questo senso le esperienze psicofisiche possono dirsi nel medesimo tempo esperienze psicologiche.

Ora qual'è l'intento, qual'è l'obietto della psicologia sperimentale? Poche parole di uno de' suoi più illustri fondatori basteranno ad esprimerlo.

Come la fisica decompone i fenomeni naturali nei loro elementi, ne determina le proprietà e ne studia i rapporti nel tempo; così la psicologia sperimentale dissolve nei suoi elementi il contenuto della coscienza, esamina questi elementi secondo le loro proprietà qualitative e quantitative, e indaga le relazioni di coesistenza e di successione dei medesimi. Al triplice obietto

Digitized by Google

della scienza corrispondono tre metodi: i metodi per l'analisi delle percezioni, i psicofisici propriamente detti e quelli della misura del tempo psichico (1). Per ispiegare convenientemente i due primi metodi occorrerebbe che uscissi fuori dell'indole generale di queste pagine; del terzo, cui è consacrato il mio volume, troverà il lettore nei capitoli seguenti le più ampie applicazioni.

Oltre l'esperimento, la psicologia moderna si giova essenzialmente della disamina obiettiva dei fenomeni, i quali si studiano osservandoli, distinguendoli e rilevandone la coesistenza, le successioni, le somiglianze. Il psicologo osservatore non trascura nessuna cosa che possa in qualche maniera fornire indicazioni al suo pensiero: egli interroga i gesti, le voci, gli atti, i costumi dell'uomo incivilito e selvaggio, nelle varie età, nel sesso, nei diversi atteggiamenti psichici, nello stato normale e patologico della mente, sotto l'influenza di sostanze che perturbino in qualunque guisa l'attività del sistema nervoso. Nè solo osserva i modi e le forme, ma ne enumera i casi e li sottopone al calcolo statistico, che introduce nello studio dei fenomeni psichici quelle norme immutabili per le quali, come diceva il Quetelet, i fatti umani succedono con lo stesso ordine dei fatti puramente fisici. A lui giova

(1) WUNDT, *Ueber psychologische Methoden.* Philosophische Studien, Erster Band, I. Heft, pag. 2-4.

Digitized by Google

un geroglifico, una cifra, un monumento, un disegno, un arnese, uno strumento, un idolo, un tempio. Discopre in un vocabolo, che ha peregrinato di età in età per migliaia d'anni, la storia fonetica e ne trae fuori la sua storia ideale, che gli somministra dati preziosi per ricostruire la genesi di un'idea. In questo caso la linguistica, con lo studio delle leggi fonetiche, facendo della psicologia quasi una geologia morale, ci fa assistere al meraviglioso spettacolo della storia evolutiva del pensiero nella specie umana. Nè si ferma soltanto allo studio dell'uomo: perscruta i costumi, gl'istinti, le tendenze degli animali, e cerca e confronta gli organi nelle varie forme zoologiche sì viventi che fossili e nei vari gradi di sviluppo embrionale: più che altro analizza la struttura dell'apparecchio nervoso periferico e centrale, i processi delle attività fisiologiche e le relazioni intime con cui l'organismo è collegato alle coesistenze ed alle successioni esteriori. Certo i colori dello spettro, i fasci polarizzati, le tinte iridescenti dovute ai fenomeni d'interferenza, che noi procuriamo col prisma di vetro, con lo spato islandico e con le bolle di sapone, non cessano di essere la luce propria del sole. La luce è sempre la stessa, e quei corpi non fanno altro che disgregarne gli elementi, presentarli sotto nuovo aspetto ed offrire al fisico l'opportunità di studiarne le leggi e la natura. Dello stesso modo, un gesto di un animale, uno stru-

Digitized by Google

mento d'arte, una parola, un organo di senso, sono prismi semplicissimi atti a rifrangere il pensiero ed a scomporre gli elementi dell'attività psichica, la quale in essi e per essi si manifesta. Nè le indagini si fermano a questo punto. La scienza non considera soltanto il fenomeno nel suo momento attuale, nel suo periodo statico; ma, risalendo per via d'induzione e di esperimento, vuol sapere per quali gradi successivi di sviluppo sia trascorso. A tale cognizione non possono condurre se non i metodi comparativi, che nella filologia e nelle scienze biologiche hanno fornito ricchissimo contributo di scoperte e di leggi. E come la fisiologia dei vegetali, discendendo fino alle muffe ed alle conferve, e disvelando il meccanismo intimo della pianta nelle cellule e nelle fibre, che si associano e si dispongono in mille modi, è giunta a ricostruire la compagine organica dei grandi alberi dicotiledoni; così l'albero immenso del pensiero umano non potrà mai essere compreso, se non si riguarda all'informe germoglio di vita psichica del zoofito e non si persegue l'evoluzione ascendente nella serie animale (1).

E dell'indirizzo genetico, nel quale ai nostri tempi procede l'osservazione psicologica, conviene tenerne parola.

In qual punto della serie animale comincia la vita

(1) ARDIGÒ, Op. c. — VIGNOLI, *La legge fondamentale dell'intelligenza nel regno animale*, passim.

Digitized by Google

psichica? Tra l'ameba, che è un grumo albuminoide senza elementi nervosi, ed il vertebrato, che ha organi ed istrumenti atti a fornirgli la coscienza di sè, esiste veramente un abisso? Il semplice movimento reflesso elementare, che noi provochiamo eccitando la sferula contrattile di un protozoo, è essenzialmente diverso dall'impulso volontario che l'uomo trasmette ai suoi muscoli? Ovvero quell'atto, che crediamo meccanico, è il disegno embrionale, lo schema dell'altro atto complicatissimo, che ci rivelano i vertebrati più perfetti? Com'è chiaro, il problema si riduce a determinare se nel mondo dei viventi quelle alte attività della vita di relazione, che noi diciamo funzioni psichiche, formino una catena continua.

Questo problema non può essere risoluto da altre scienze all'infuori che dalle scienze biologiche. I sistemi delle scuole filosofiche, coi loro sillogismi e le loro formole aprioristiche, ne rifuggono con orrore; poichè le dottrine dell'assoluto insegnano che la psiche si rivela solamente nell'uomo e con l'uomo, e non devesi parlare di funzioni mentali là dove non c'è che puro automatismo cartesiano. La biologia invece, fondandosi sulla comparazione degli organi e delle loro funzioni, interpreta la psiche come un processo evolutivo, come una successione non mai interrotta di gradi, che dal plastide si dirama all'uomo, in cui l'atto reflesso, che nell'ameba si manifesta senza l'arco dia-

Digitized by Google

staltico nervoso, giunge a vestire l'aspetto più completo della percezione. Il principio fisiologico dell'azione reflessa rappresenta, a dire del Romanes, il lato obiettivo del principio psicologico dell'associazione mentale: la tendenza delle idee a presentarsi ordinate secondo certe leggi, non è che l'equivalente del fatto che le linee di scarica reflessa sono rese dall'uso più facili e più pervie nei centri nervosi.

Per la scuola monistica l'incosciente grado per grado, senza sbalzi, per una legge generale che governa tutti i fenomeni della natura, si converte nelle forme coscienti; e questa progressiva specificazione funzionale trova il suo riscontro in quella morfologica, per la quale dai semplici grumi di gelatina si trascorre ai gangli nervosi degli invertebrati e quindi con crescente complessità agli apparecchi di struttura meravigliosa, che l'anatomia e l'istologia comparate disvelano negli animali superiori.

Se non si tenessero in conto i fattori genetici, parrebbe che nei primi stadi della vita dovessero palesarsi nudi fatti meccanici, e null'altro. Il grumo protoplasmatico, che si contrae all'eccitazione di un ago, possiamo rappresentarcelo sprovveduto di ogni attività psichica e solo obbediente a leggi fisiche. Pure al naturalista, che segue con occhio scrutatore ogni moto ed ogni manifestazione degli esseri, non può nascere il dubbio che questo grumo non sia fornito di capacità

Digitized by Google

psichiche elementari, di piacere e di dolore, sol perchè gli riescirebbe quasi inconcepibile che una proprietà così fondamentale della materia organizzata, come la coscienza, debba mancare anche in minima parte nei protozoi e venir fuori di un tratto nei più alti stadi dello sviluppo animale. L'uomo pur esso, nel suo inizio, è un grumo albuminoide; ed allora quando si saranno originati gli elementi della psiche? La vita embrionale non si svolge che per graduali transizioni, ed il momento della nascita, più che un fatto nuovo, è un mutamento determinato nei processi della respirazione, della circolazione e della nutrizione: non v'è un dato assoluto, che possa dimostrare il principio della vita mentale. Dal piccolo nucleo di sostanza protoplasmatica, che in sè racchiude tutte le funzioni elementari, traggono origine gli organismi più complessi che popolano lo spazio. Ogni grumo avrebbe la proprietà di contrarsi sotto l'efficacia degli eccitamenti esteriori, e tutti gli stimoli, cioè pressione meccanica, calore, luce, operano per via diretta in quella massa omogeneamente contrattile. Nella superficie di essa, per un lavorio lento di adattamento, si vanno formando dei punti, ora più eccitabili alle ondulazioni luminose ed ora alla pressione, e quindi stimoli speciali vanno a colpire punti speciali, che diventano specificamente più sensibili di quello che erano in origine nella massa omogenea. E perchè questi punti di senso agiscano sul

Digitized by Google

grumo contrattile, è necessario che la trama di collegamento, che le vie di unione perdano la contrattilità e si adattino a condurre l'eccitamento: così nasce un cordone, un nervo, il quale, dimenticando, per modo di dire, la proprietà contrattile, acquista e conserva quella di conduzione. Questi nuovi apparecchi di relazione continuano a moltiplicarsi e a differenziarsi, e tosto si vanno formando i gangli e i centri nervosi, dove alla fine si concentrano i poteri psicologici.

Il momento genetico, adunque, ha una grande importanza nella fisiologia e dimostra la perenne continuità in tutta la serie delle forme animali. Pertanto le ricerche sugli organismi più umili rivelano nuove scene della vita, poichè la scienza vi studia, in uno stato prematuro e quasi embrionale, quegli elementi, che nel vertebrato si lasciano travedere in mezzo ai molteplici congegni degli organi e delle funzioni. E come, discendendo fino ai primi crepuscoli della vita, troviamo il muscolo nel punto in cui esso non è che protoplasma amorfo, e l'apparecchio di respirazione ridotto allo scambio semplicissimo e immediato tra i gas del tessuto ancora omogeneo e i gas dell'acqua che l'avvolge d'ogni parte, così confusamente adombrati ci riesce di vedere nel movimento reflesso gli splendori dell'attività cerebrale. Ond'è che i fisiologi, come fu ben detto, pellegrineranno per le oste del

Digitized by Google

mare cercando quelle fonti inesauribili degli studi genetici, che sono gli animali inferiori (1).

Applicando ai fenomeni psichici la teoria cellulare, l'Haeckel aggiunge nuove pagine brillanti allo studio della psicologia comparata (2).

Negli organismi dove, riunite in centri o in gangli appena visibili, appariscono le cellule nervose, cellule cioè specificate nella forma e nella composizione, appariscono anche le energie funzionali in grado corrispondente. Infatti, che esista una vita psichica, non diciamo nei vertebrati, ma negli insetti, le attente osservazioni dei naturalisti l'attestano chiaramente, e dall'Huber in poi sono conosciuti nei loro minimi particolari gli istinti meravigliosi delle api e delle formiche (le cui attitudini mentali ai nostri giorni il Lubbock ha genialmente illustrato con un tesoro di indagini stupende), istinti variabili, che sarebbero la somma di azioni acquisite con l'adattamento, fortificate dall'abitudine e trasmesse dall'eredità. Ma può dirsi lo stesso dei coralli, dei polipi e delle spugne, nei quali, anche sotto la forma più elementare, manca il sistema nervoso? Pel Virchow non c'è vita intellettiva senza apparecchi nervei centrali e periferici,

(1) HERMANN, *Der Einfluss der Descendenzlehre auf die Physiologie*, pag. 29. Leipzig, 1879.

(2) HAECKEL, *Zellseelen und Seelenzellen*. Gesammelte populäre Vorträge aus dem Gebiete der Entwickelungslehre, Erst. H. p. 145., Bonn, 1878.

Digitized by Google

senza muscoli ed organi dei sensi. L'Haeckel al contrario vi ravvisa, per così esprimerci, la psichicità: egli dal concetto che la vita in genere non è di necessità collegata alla forma, cioè a corpi morfologicamente differenziati, discende a quell'altro che l'attività mentale, nel suo più largo significato, non è esclusivo attributo della sostanza nervosa. In ogni gruppo di cellule o in una cellula sola vi sono le basi organiche per la produzione, sebbene in una sfera semplicissima, del movimento e della sensazione. L'idra, infatti, non ha organi di sensi, non muscoli, non fibre e cellule nervose: eppure in essa si palesano fenomeni di sensibilità e di movimento agli stimoli meccanici e luminosi. In qual modo si spiega questo fenomeno singolare di una funzione senza organi, di un'anima senza apparecchio psichico? Il microscopio ha scoperto nello strato esterno del corpo dell'idra cellule speciali dal Kleinenberg chiamate « nevro-muscolari, » provvedute internamente di appendici filiformi, le quali avrebbero l'ufficio di contrarsi a guisa di muscoli, nel mentre la parte esterna, nucleata, delle stesse cellule, è centro di sensibilità: o in altre parole, la metà esterna della cellula è nervo, la metà interna è organo di moto. Adunque il meccanismo psichico dei polipi è un semplice strato di queste cellule nevro-muscolari, e ciascuna di esse compie nel modo più semplice quello che, nel modo incomparabilmente più perfetto, si com-

Digitized by Google

pie nell'economia funzionale degli organismi superiori. — Ma v'ha dippiù: nelle estreme profondità della vita, in mezzo a due mondi, il vegetale e l'animale, il cui abisso supposto incommensurabile fu colmato dalle grandi scoperte darwiniane sovra il moto ed il senso nelle piante, s'agita e vive un altro mondo di organismi microscopici formato dalle monere, dalle amebe, dalle gregarine, dagli infusori. Ognuno di quegli esseri è un globo di protoplasma, una sola cellula, cui incontestabilmente bisogna attribuire delle attitudini psichiche elementari per due ragioni: primo, perchè è impossibile che la sensazione esca compiuta dalle viscere della materia senza preparazioni antecedenti; secondo, perchè nelle amebe e nelle forme affini monocellulari sono così manifesti la sensibilità e il movimento che l'Ehrenberg, lo scrutatore profondo degli infimi organismi, credeva che nell'infusorio dovesse esservi cervello ed organi di senso, fibre nervose e muscolari. L'attività psichica quindi è una proprietà generale, la quale s'inizia nei protozoi e poco a poco e lentamente attinge il più alto grado di sviluppo nei corpuscoli dei centri cerebrali dell'uomo, che si possono dire vere cellule intellettive.

A queste dottrine s'informa la psicologia moderna, i cui fondamentali concetti possono formularsi in poche proposizioni.

Digitized by Google

I fenomeni mentali non costituiscono un carattere esclusivo degli esseri superiori, sibbene appartengono agli organismi viventi e decorrono in linea parallela con la evoluzione morfologica. Tutti gli atti interni, i particolari e gli astratti, le volizioni, i sentimenti, l'intelligenza, non sono che aspetti trasformati della sensazione, che è il momento psicologico primitivo, e però dipendono dalla natura e dalla forma degli organi. Le supposte differenze qualitative nell'uomo e negli animali riduconsi a differenze di grado, come nella fisica la diversità sostanziale dei colori si riduce ai rapporti di quantità ed alla rapidità variabile delle ondulazioni luminose. L'unità delle forze psichiche nell'individuo è pur dimostrabile dal fatto che l'intensità delle sensazioni cresce allo stesso modo, qualunque siano le sensazioni stesse (tatto, sforzo muscolare, suono, luce, senso termico): questa unità quantitativa, nell'esperienza di sensazioni qualitativamente dissimili, suppone necessariamente un'unità psicologica fondamentale (1). Le energie della mente poi, nè più nè meno delle energie fisiche, sono soggette alle leggi del tempo ed alla legge cosmica della equivalenza delle forze. Come è necessario un certo tempo al corpo per muoversi, così al pensiero per formarsi.

I processi psichici, simili a quelli che han luogo

(1) DE DOMINICIS, *La dottrina dell'evoluzione*, parte seconda. Cap. IX: *Psicogenesi.*

Digitized by Google

in grembo della natura, compionsi nello spazio e nel tempo, e ciò significa che non sono nè estraspaziali, nè estemporanei. Perchè avvenga l'atto psichico è necessario un dato numero o una data quantità di cellule e fibre nervee, che accumulino le loro singole energie nel momento funzionale; è necessario che l'eccitamento, capace alla modificazione efficiente, consti di una certa forza, la quale è già un complesso di elementi calcolabili e misurabili per composizione ed estensione. L'eccitamento non opera in un punto matematico della superficie sensibile degli organi, ma sopra una estensione: infatti le fibre terminali dei nervi si ramificano, si suddividono, si espandono, sotto forma diversa secondo la diversità degli organi, in particelle o in grumi di protoplasma nerveo instabilissimi, in cellule, che rappresenterebbero, come dice lo Spencer, dei moltiplicatori di eccitamento (1). Senza di esse le onde luminose od atmosferiche, equivalenti ad una forza meccanica piccolissima e quasi inapprezzabile, non potrebbero, stimolando l'espansione retinica o quella del nervo acustico, suscitare nei centri le sensazioni correlative. E nelle sensazioni, come in ogni atto mentale, si consuma una certa quantità di forza fisica. La legge di metamorfosi tra le forze fisiche e le forze mentali, e la trasmutabilità delle ultime fra di esse scaturisce

(1) SPENCER, *Principes de psychologie*. T. I, Ch. II.

Digitized by Google

dalla natura stessa dei fenomeni. Se la vibrazione molecolare rappresentata dal calore si trasforma in movimento od in energia elettrica, anche l'idea o il sentimento trovano il loro equivalente nella combustione dei materiali organici, che si sono bruciati per produrli. Le varie forme della vita psichica sono suscettibili non solo di convertirsi l'una nell'altra, ma di riprendere, per trasformazione inversa, l'aspetto fisico (1).

Le attività del pensiero debbono considerarsi come parte della serie universale e continua del movimento, che noi, da un punto di vista antropomorfico, dividiamo artificialmente in moto meccanico, fisico, chimico, organico e psichico, suddividendo anche quest'ultimo in varie specie o tipi astratti che sono i sentimenti, le idee, le volizioni, che stanno al loro genere come le vibrazioni violette, rosse, gialle, stanno al genere vibrazioni luminose (2). In ogni manifestazione qualsiasi della mente, l'analisi scientifica ravvisa un modo particolare di quelle energie, che circolano nel seno della natura e rappresentano i travestimenti del calore solare: onde è proprio il caso di dire col Taine che in fondo a tutte le scienze, sia che abbiano per og-

(1) SPENCER, *Les premiers principes*, p. 226. — MANTEGAZZA, *Saggio sulla trasformazione delle forze psichiche*. Archivio per l'antropologia, Vol. VII.

(2) HERZEN, *Il moto psichico e la coscienza*, Cap. II, pag. 23. — SERGI, *Sulla natura dei fenomeni psichici*. Archivio per l'antropologia, 1880, Vol. X.

Digitized by Google

getto i fatti fisici o biologici, psichici o sociologici, traspare la tendenza comune di ridurre ogni problema ad una quistione di fisica molecolare e di comporre un vasto sistema di leggi poggiate sulla unità della meccanica universale.

Tali sono i caratteri della psicologia contemporanea; e mentre in Inghilterra, la terra classica del darwinismo, lo Spencer, il Bain, il Lewes, il Maudsley, il Sully, il Romanes, il Grant Allen, ci dànno spettacolo stupendo d'una scienza obiettiva, naturale, evolutiva; in Germania, con la scorta luminosissima dell'Helmholtz, del Wundt e del Fechner, predomina il lavorio sperimentale, psicofisico, con i segni della precisione matematica e del più puro determinismo.

Ed il proposito di questo libro è quello di svolgere sulla base dell'esperimento una delle più importanti quistioni di scienza psicológica, che in Germania forma oggetto di ricerche numerose e di studi profondi.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO PRIMO

LA LEGGE DEL TEMPO NEI FENONEMI MENTALI.

Avere scoperta la legge del tempo nei fenonemi mentali è tra le più grandi conquiste della scienza moderna. La infinita celerità del pensiero è cosa tutta illusoria, che svanisce cimentata alla realtà dei fatti, i quali dimostrano essere il tempo una funzione integrante di ogni movimento della natura.

Fino alla metà del secolo, partendo da pensieri molto astratti, si credeva assurda la successione cronologica degli atti psichici; ma quando furono, per la misura del tempo, costruiti apparecchi di massima esattezza, quando l'errore personale degli astronomi fu studiato dai fisiologi, e nel dominio della fisiologia del sistema nervoso prese salde radici il metodo sperimentale, apparve destituito d'ogni concetto scientifico il famoso postulato del Müller, cioè che è infinitamente piccolo ed incommensurabile il tempo richiesto perchè un' impressione di senso

Digitized by Google

trasferita al cervello provochi, decorrendo pel midollo spinale, un movimento muscolare (1).

La velocità dell'agente nervoso non è per nulla paragonabile a quella della elettricità e della luce, e contro le asserzioni del Müller può oggi misurarsi fin negli animali più piccoli. Sappiamo anzi che le energie fisiche si propagano con tal decorso rapidissimo, al cui confronto la vibrazione dei nostri nervi è di una lentezza straordinariamente minima. Se una corrente elettrica percorre lo spazio per 464,000,000 metri al secondo, un raggio di luce per 300,000,000, ed il suono, così tardo, per 332 metri; l'impulso volontario nelle fibre nervose possiede invece una celerità quasi eguale al volo dell'aquila ed al passaggio della locomotiva.

Eppure prima che il Müller, grande caposcuola, profferisse quella sentenza, l'Haller, grande fisiologo anch'egli, era riescito con metodi imperfettissimi e con falsi principii a dichiarare che ogni contrazione di muscolo si produce in $^1/_{30000}$ di minuto, ossia in $^1/_{500}$ di secondo, e che l'agente nervoso si trasmette con la velocità di centosessanta piedi nell'unità di misura. L'Haller calcolava questa velocità, che nella sua espressione numerica si avvicina singolarmente alle cifre assegnate dalla fisiologia moderna, leggendo ad alta voce l'*Eneide* e contando il numero delle lettere che egli poteva pronunziare in un minuto (2): cosicchè (nota oppurtunamente il Du Bois-

(1) Die Zeit, in welcher eine Empfindung von den äusseren Theilen auf Gehirn und Rückenmarck, und die Rückwirkung auf die äusseren Theile durch Zuckungen erfolgt, ist unendlich klein und unmessbar.

MÜLLER, *Handbuch der Physiologie*, I, 4 Aufl. p. 583.

(2) HALLER, *Elementa physiologiæ*, IV, p. 372. Lausanne, 1762.

Digitized by Google

Reymond) anche in questo caso l'*Eneide* giustifica la fama tradizionale di libro di oracoli di cui godeva nel medioevo (1).

Senza il sussidio inestimabile della corrente elettrica oggi non si sarebbe scoperta la velocità dei processi nervosi; nello stesso modo che i movimenti e la natura dei grandi corpi negli spazi siderei, e la struttura intima dei tessuti nel piccolo mondo degli esseri viventi, avrebbero costituito un enigma per la scienza, se l'occhio umano non si fosse arricchito di mezzi così meravigliosi e semplici quali il telescopio ed il microscopio. Nella corrente elettrica, adunque, si è trovato il modo di investigare il decorso cronologico dei fenomeni nervosi, come nella luce polarizzata quello di stabilire la condizione interna di alcuni corpi. E dai fenomeni nervosi il campo delle ricerche si è potuto estendere ai processi psichici, che, malgrado la loro immensa complessità, devono riguardarsi come una evoluzione di quelli.

Le prime ricerche sulla durata degli atti psichici noi dobbiamo in vero alle osservazioni astronomiche, e però in questo luogo un po' di storia, riassunta per sommi capi, non è inopportuna.

Fin dal cadere del secolo passato fra il Maskelyne e il Kinnebrook fu notata una diversità non lieve di tempo nell'apprezzamento del passaggio delle stelle dinnanzi il filo del cannocchiale. Siffatta variazione individuale nel percepire le differenze di tempo e nel segnarle,

(1) Du Bois-Reymond, *Vitesse de transmission de la volontè et de la sensation à travers les nerfs.* Revue des cours scientifiques, IV Année, N. 3.

Digitized by Google

cui si diè il nome di equazione personale, notò pure il Bessel più tardi confrontando i risultati di altri astronomi con i suoi, ed ei giudicò che la ragione per cui l'istante del passaggio dell'astro non era segnato dai vari osservatori nello stesso punto del tempo risiedesse nei metodi cronometrici di osservazione allora in uso.

Infatti, per determinare il tempo del passaggio di un astro pel meridiano del luogo, si adoperava un cannocchiale munito di parecchi fili e disposto in modo che il filo verticale di mezzo coincidesse col meridiano. L'osservatore guarda dentro il cannocchiale, e mentre l'astro si avanza nel campo visivo sta attento ai battiti di un pendolo a secondi. Siccome per la sua grande velocità la stella entra di rado nel meridiano col battito del secondo, così l'osservatore, per calcolare le frazioni dell'intervallo, deve segnare la posizione dell'astro prima del suo passaggio attraverso il filo mediano nel momento in cui percepisce l'ultimo battito dell'orologio, ed il luogo in cui trovasi l'astro al primo battito del pendolo dopo il passaggio sul filo medesimo. Dividendo il tempo per lo spazio misurato si ottiene l'istante richiesto.

La Figura 1 chiarirà meglio il meccanismo dell'osservazione.

Sia in M il filo mediano del cannocchiale. Suppongasi che quando si è contati 10 secondi l'astro si trovi in A, e nel successivo secondo abbia raggiunto la posizione B, cioè abbia attraversato il filo M. Per segnalare l'istante preciso conviene che l'osservatore apprezzi la distanza AM, che egli ad esempio valuterà ad $^1/_3$ di AB. E siccome tutto lo spazio AB è percorso dall'astro in un secondo, è evidente che la stella avrà dovuto passare sul filo M a 10 $^1/_3$ secondi.

Digitized by Google

Naturalmente con tal metodo le varie persone devono in modo diverso determinare il momento del passaggio, poichè l'attitudine percettiva di associare due sensazioni distinte, quella della vista e quella dell'udito, non è identica. Se il passaggio dell' astro al meridiano coincidesse col battito dell'orologio, cioè se le due sensazioni fossero simultanee, l'atto psichico sarebbe più semplice; ma, come dicemmo, simile fenonemo non avviene quasi mai. Quindi si cercò di correggere i difetti del metodo; e le osserva-

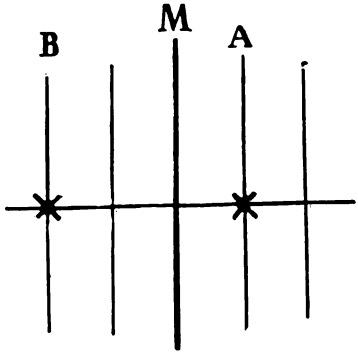


Figura 1.

zioni astronomiche crebbero di esattezza quando l'istante, in cui la stella attraversava il filo, era indicato dal movimento volontario della mano dell' osservatore e, per mezzo di speciali apparecchi elettrici, descritto con un segno sopra una superficie, nella quale era notato anche il tempo. E con questo metodo, che è valso a misurare il valore assoluto dell'equazione personale, reso più perfetto dai fisiologi, si è potuto definitivamente costituire quella parte della psicologia, che indaga e sottopone alle cifre numeriche la durata dei fenonemi mentali.

Digitized by Google

Qui entriamo nel campo dei nostri studi, e alla domanda se sia possibile trattare con l'esperimento gli atti psichici elementari e adoperare per essi i criteri della misura e del calcolo, coi quali ci sia permesso di raggiungere le leggi dei fenomeni e le formule che le rappresentano, può rispondersi che ogni discussione sulla legittimità dell'esperimento psicologico è oramai inopportuna ed oziosa dopo che una serie numerosa e splendida di fatti l'attesta in modo indubitabile. Così le recenti obiezioni di uno storico illustre della filosofia come lo Zeller non esprimono che le tendenze inveterate dei metafisici, che, a dire del Wundt, vogliono discorrere dei problemi della psicologia sperimentale senza conoscere a fondo gli studi concreti sopra cotali problemi (1). I ragionamenti astratti oramai valgono nulla di fronte al valore indiscutibile delle esperienze, le quali ordinate, estese ed interpretate convenevolmente formano il vero patrimonio della scienza. Noi pertanto affermiamo che se il fenomeno psichico è un processo, il suo svolgimento deve aver luogo nel tempo, e le fasi successive di questo processo devono essere sottoposte a misura colcolabile. Ciò parrà strano, assurdo, fors'anche temerario: eppure, analizzando coi mezzi più delicati di analisi gli effetti e le condizioni esterne della vita psichica, giungiamo fino al punto di scoprire le leggi intime

(1) Wundt, *Ueber die Messung psychischer Vorgänge.* Philosophische Studien, Erster Band, 2 H. p. 251.

Idem, *Weitere Bemerkungen über psychische Messung.* Ibid. 3 H. p. 463.

Con lo stesso titolo lo Zeller (Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1881 e 1882) aveva pubblicato alcun tempo prima due articoli, le cui conclusioni sono validamente oppugnate dal Wundt.

Digitized by Google

dei fatti che la costituiscono; poichè, modificando i sensi e i movimenti, che mantengono in continua relazione l'attività psichica con le coesistenze e con le seguenze esterne, ed osservandone gli effetti, possiamo dedurre le conchiusioni sulle leggi che regolano i processi mentali. Qualsiasi causa produttrice di fenomeni, ha detto il Wundt, qualsiasi forza produttrice di movimenti, in natura, non può essere misurata che dai suoi effetti; e come il fisico misura le forze motrici dai movimenti prodotti e dalla osservazione di questi inferisce le leggi, inaccessibili ai sensi, secondo le quali operano le forze; così il fisiologo misura le funzioni psichiche dai fatti che esse producono o che le producono, cioè dai movimenti o dalle impressioni sensitive.

L'argomento, che il comune pregiudizio suole invocare tanto spesso, contro l'esperienza applicata ai fenomeni psichici, è fallace. Noi non siamo in grado, si dice, di penetrare direttamente nel decorso dei processi mentali; possiamo soltanto mutare le condizioni esterne, sotto la cui influenza si generano gli stati di coscienza. Però dovrebbesi sapere che per la natura del metodo sperimentale è del tutto indifferente se le variazioni volontarie delle condizioni produttrici del processo psichico si ripercuotano direttamente o indirettamente sui fenomeni in quistione: l'importante è che questi fenomeni siano modificati in maniera misurabile. Nelle esperienze fisiche, se ben si noti, non modifichiamo in linea diretta l'oggetto delle nostre ricerche: anche quivi, in guisa analoga, si cangiano gli stati di coscienza, per mezzo dei quali entriamo in rapporto col mondo esteriore. E se la fisica, da una parte, tra i mutamenti degli stati soggettivi e quelli dei

Digitized by Google

fenomeni esterni trova un'esatta corrispondenza, e ne desume le leggi della realtà; la psicologia, dall'altra, traendo profitto dai mutamenti obiettivi, stabilisce le proprietà e e le leggi della coscienza per opera delle azioni, che i primi esercitano sopra la coscienza medesima (1).

Il pregio e l'interesse altamente scientifico delle ricerche psicometriche risalta poi agli occhi di tutti; perocchè misurare, ad esempio, l'atto percettivo più semplice, cioè il tempo che impiega un'impressione luminosa, acustica, tattile, gustativa ed olfattiva per essere avvertita dalla coscienza, significa sottoporre all'analisi le basi del nostro edificio psicologico, determinare, come un fatto fisico qualsiasi, il processo della sensazione, dal quale si diramano le imagini, i sentimenti, le idee. Le sensazioni, come dice lo Spencer, non solamente costituiscono le forme inferiori della coscienza, ma sono sempre i materiali onde vengono formate le forze intellettive per combinazione di struttura nelle forme superiori della mente.

La sensazione è la chiave che abilita il psicologo a spiegare le cifre dell'umano pensiero. Quei congegni logici, ai quali si dà il nome di conoscere e volere, percepire e ricordare e così via dicendo, non costituiscono che un solo processo, che ci sembra diverso per il modo con cui si sono disposti ed associati i dati elementari del fenomeno psichico fondamentale. Pur la stessa sensazione, scomponendone la tessitura, ci rivela un meccanismo complicatissimo, poichè essa risulta dell'insieme di una quantità innumerevole di sensazioni più semplici, le quali si ridestano per l'eccitamento delle singole fibre nervose e

(1) Wundt, *Über psychologische Methoden*. Philosopische Studien, Er. Bd. p. 3.

Digitized by Google

compiono quasi un lavoro sotterraneo, inaccessibile alla vista interiore della coscienza: onde è verissima la stupenda imagine del Taine che la psicologia oggi sta alle sensazioni come la vecchia chimica stava ai corpi pretesi semplici.

Che dire poi se, come vedremo in seguito, la legge del tempo è pure applicabile alla durata del giudizio o dell'atto discriminativo semplice fra due o più impressioni, al momento volitivo di scelta, alla percezione di imagini composte, al loro riprodursi ed associarsi? Ed anche le malattie mentali offrono un vasto campo all'esercizio fecondo dei nostri studi, poichè la misura del tempo nelle anomalie morbose della mente umana è un indice prezioso, che rivelerà molti aspetti oscuri o poco lumeggiati della costituzione intima del mondo psichico.

A noi pare che questo ramo rigoglioso della psicologia fisiologica, che è la psicometria, sia destinato a risolvere molti problemi; e la sua importanza vera e leggitima, trattandosi di fenomeni mentali, non è riposta nella sola esposizione della cifre, come forse crederebbe qualcuno. Attorno ai numeri raccolti con ogni rigore di metodo e di esperienza, bisogna sapervi esercitare il criterio analitico e sorprendervi i vari fattori del processo psichico: e questo, credo, sia il punto che meriti più d'ogni altro d'essere studiato senza preconcetto di sorta.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO II.

LE CONDIZIONI SPERIMENTALI PER LA RICERCA DEL TEMPO PSICHICO.

L'atto psichico più elementare che misuriamo con metodi diversi è questo: appena vien percepita una semplice impressione tattile, acustica, luminosa, odorifera o gustativa, si dà il segnale con un determinato movimento della mano. Il tempo variabile, che trascorre fra l'istante, in cui si fa agire lo stimolo sull'organo di senso, e l'istante in cui la persona di esperimento segna con la sua mano la percezione già avvenuta, dicesi *tempo fisiologico*, o, come ha proposto l'Exner, *tempo di reazione* (1).

(1) Exner, *Physiologie der Grosshirnrinde.* Handbuch der Physiologie herausgeg. von Hermann. II. Bd. Zw. Th., p. 262. Leipzig, 1879.

Tutti i fisiologi accettano oramai la frase *tempo di reazione.*

Per non ripetere sempre questa parola userò nel corso del libro indifferentemente dell'una e dell'altra espressione, alle quali, s'intende, attribuisco il medesimo significato. Aggiungo anzi che per me le frasi: *durata della percezione o dell'atto percettivo, equazione personale,* equivalgono sempre a tempo fisiologico o di reazione.

Digitized by Google

Vediamo quali mezzi sperimentali siano necessari e come debbano essere impiegati per riescire alla misura di intervalli così brevi da crederli estemporanei.

I metodi che oggi si usano comunemente nella determinazione del tempo sono due: il grafico ed il cronoscopico.

È conosciuta oramai da tutti l'importanza della grafica nella scienza moderna. I fenomeni fisici, biologici e sociali possono nelle loro varie e molteplici fasi essere rappresentati graficamente, e la statistica più delle altre scienze se ne è giovata con mirabili risultati.

Nella fisiologia tra le più splendide applicazioni del metodo grafico contiamo per fermo la misura del tempo negli atti mentali. Questa misura si ottiene registrando sopra un cilindro metallico, che gira attorno al suo asse con una data velocità ed è avvolto da carta affumicata, il cominciamento e la fine del fenomeno, di cui si vuol sapere la durata. Il cilindro ruota con velocità costante, poichè è regolato da un meccanismo di orologeria, e la registrazione delle fasi del fenomeno avviene per mezzo di piccole punte di metallo, che descrivono un segno sulla carta cosparsa di nero fumo. Il problema si riduce adunque a fissare con due segni il momento, in cui si produce lo stimolo di senso, ed il momento, in cui la persona di esperienza reagisce con la mano, e quindi a calcolare dallo spazio lineare l'intervallo di tempo compreso fra questi due punti.

D'ordinario il principio e la fine del fenomeno si inscrivono per mezzo di segnali elettrici, la cui natura ci garantisce della loro istantaneità: infatti possiamo supporre quasi incalcolabile, rispetto alle grandezze da misurare, la perdita di tempo che pur in essi deve succedere. Se il

Digitized by Google

fenomeno non avesse una durata così corta, si potrebbero agevolmente impiegare i segnali ad aria. A determinare poi l'intervallo di tempo basterebbe conoscere la velocità con cui si muove il cilindro; ma è molto più esatta la misura che dànno le vibrazioni di un diapason. Mentre si registrano sulla carta affumicata il principio e la fine del fenomeno, di cui si cerca il decorso cronologico, basta adattare ad una branca del diapason uno stiletto leggiero, che oscilla col diapason e ne trascrive contemporaneamente in forma di linea ondulata le vibrazioni, dal cui numero si conoscerà il tempo del fenomeno. Oppure, come è in uso comune, si trasforma il diapason in interruttore di una corrente galvanica, la quale mantiene all'unissono col diapason le vibrazioni di un cronografo, cioè di uno stilo provveduto di un'armatura di ferro dolce e di un'elettro-calamita.

Negli osservatorii astronomici, per la determinazione esatta dell'equazione personale, si adopera l'apparecchio di Wolf, il quale consiste in un piccolo carretto che si muove sopra una rotaia orizzontale e con una celerità da simulare quella degli astri quando attraversano il campo del telescopio. Il piccolo carro presenta un foro, che è illuminato internamente e sembra una stella; e la disposizione di tutto l'apparecchio è tale che il carro giungendo a un dato punto stabilisce la chiusura di un circuito elettrico, che viene istantaneamente segnata da un cronografo. Il punto in cui si chiude il circolo della corrente è la coincidenza esatta dell'imagine luminosa col filo di un cannocchiale.

L'osservatore, collocato a qualche metro di distanza, guarda dentro il cannocchiale e quando vede la piccola

Digitized by Google

stella artificiale attraversare il filo, tocca un manipolatore e segna per mezzo dell'elettricità il momento, nel quale egli ha percepito il passaggio. In tal modo si può agevolmente convertire in tempo la distanza dei due punti fissati.

Finalmente un apparecchio grafico, che ha il vantaggio di essere accessibile ad ogni persona, è il *Psicodometro* dell'Obersteiner o il *Neuroamöbimetro* dell'Exner. L'ingegnoso strumento serve a misurare la durata delle percezioni acustiche, e consiste essenzialmente in una lamina o penna metallica, mobile attorno ad un asse, e provvista alla sua estremità più lunga di una setola, la quale, quando la penna vibra, descrive sopra una lastra di vetro affumicata delle linee ondulate, di cui ciascuna corrisponde a un centesimo di secondo. L'osservatore per mezzo di apposito congegno a slitta mette in vibrazione la penna, ed il soggetto di esperienza, appena percepisce lo stimolo acustico, preme sopra un bottone che trovasi all'altra estremità della lamina e ne forma il braccio di leva più corto: questo movimento della mano vale ad innalzare la penna dalla lastra di vetro. La quantità delle oscillazioni descritte sul fondo nero della lastra indicano il tempo trascorso dal momento in cui cominciò il suono fino a quello in cui fu compiuta la percezione acustica; e poichè la penna fa cento vibrazioni al secondo ed ogni onda perciò corrisponde ad $^1/_{100}$, si possono anche, dividendone l'estensione in parti eguali, computare i millesimi di secondo.

L'altro metodo è il cronoscopico, del quale parlerò con maggiore ampiezza.

In tutte le esperienze sul tempo fisiologico di reazione e sopra gli atti psichici più complessi ho adoperato il

Digitized by Google

cronoscopo di Hipp, col quale si misurano con esatta precisione le millesime parti di minuto secondo. Discorrere sulla disposizione meccanica di questo prezioso apparecchio è qui fuori di luogo, poichè in vari libri è stato descritto nei suoi particolari, ed io pertanto ripeterei cose risapute. Dirò solamente che i fattori essenziali del cronoscopo (Fig. 1, Tav. I) sono: un meccanismo d'orologeria, due aghi che indicano sopra due quadranti graduati l'uno i decimi, l'altro i millesimi di secondo, ed una elettromagnete, che per mezzo di un'àncora tiene in riposo i due aghi o li fa partecipare al giro delle ruote.

Il congegno d'orologeria è messo in moto da un peso *R* ed è regolato da una lamina vibrante mille volte al secondo: tirando il cordoncino *a*, che è in connessione con una leva di scatto, si sprigiona il movimento, il quale è subito fermato per trazione del cordoncino *b*, che è in rapporto con una leva di arresto. Fino a che una corrente elettrica non circoli nel cronoscopo, entrando per i due bottoni *pp*, che stanno alla base dello strumento, i due indici cronometrici non partecipano al movimento; ma quando vi si fa giungere una corrente, la elettro-calamita attira l'àncora e gli indici tosto scorrono sopra i due quadranti rispettivi. L'indice del quadrante superiore, che è più piccolo, fa un giro completo in $^1/_{10}$ di secondo, e siccome il quadrante è diviso in cento parti eguali, così ogni divisione corrisponde ad un millesimo di secondo L'indice inferiore percorre tutto il quadrante in 10 secondi, e mentre esso si muove di un solo grado, l'altro indice compie una intiera rotazione. Appena è interrotta la corrente che circola nel cronoscopo, i due indici, per mezzo dell'àncora che viene respinta, si fermano istantaneamente, perchè

Digitized by Google

cessa la magnetizzazione della elettro-calamita. Se noi adunque, mentre funziona il solo meccanismo di orologeria, leggiamo prima le cifre segnate dagli indici nei quadranti, indi facciamo passare una corrente galvanica attraverso i due piccoli pilastrini d'ottone *pp*, e dopo un breve intervallo, durante il quale gli indici si saranno mossi, con un interruttore apriamo il circuito, avremo la misura esattissima di quell'intervallo che è trascorso tra la chiusura e l'apertura della catena elettrica. Questa durata di tempo in millesimi di secondo si ottiene sottraendo dalle cifre fornite da una seconda lettura le cifre avute dalla prima. Ma perchè la misura del tempo sia esattissima, è necessario che il movimento dell'àncora proceda rapido e sicuro: la qual cosa è sottoposta a due condizioni, cioè la graduata intensità della corrente (1), che deve attraversare il cronoscopo, e la conveniente tensione di una molla congiunta all'àncora.

Ora, se nello stesso momento in cui si fa penetrare la corrente nel cronoscopo di Hipp potessimo produrre un eccitamento ottico, acustico o tattile, sul rispettivo organo di senso di una persona, e con un semplice meccanismo interrompere il circuito elettrico non appena l'individuo avrà percepito l'impressione, noi avremo tutti i dati per la misura dell'equazione personale. A me sembra di avere soddisfatto alle esigenze più rigorose dello esperimento con gli apparecchi e coi mezzi che ho adoperati, confessando di esservi soltanto riuscito dopo varî tentativi e numerose modificazioni.

Descriverò prima l'apparecchio principale che vedesi

(1) L'intensità della corrente dev'essere di circa 60° misurata con la bussola a 32 giri.

Digitized by Google

designato nella Fig. 2 e 4, e specialmente in quest'ultima, che ne è la proiezione orizzontale e rappresenta lo schema dell'andamento della corrente elettrica.

Cerchiamo di semplificare per quanto è possibile l'esposizione. In *m*, *q*, *n* ed *r* sono raffigurati quattro pilastrini metallici a vite, dei quali i primi tre sono provveduti alla lor base di una piccola lamina d'ottone. In *n* ed *m* la lamina è aderente all'apparecchio, che è di legno, mentre in *q* essa è alquanto sollevata dal piano, e termina alla parte superiore della sua estremitá libera con un piccolo bottone. La disposizione della lamina *q* è tale rispetto a quelle di *n* ed *m*, le cui estremità terminali distano appena un centimetro, che, premendo col dito sopra il suo bottoncino, possa sicuramente nello stesso tempo toccare le altre due lamine indicate. In *t* e *t'* si trovano due perni di due martelletti a leva corrispondenti ai campanelli *G* e *G'*, coi quali però non stanno a contatto. In *S* è raffigurata una cassetta di legno, che serve per la produzione degli stimoli luminosi. Le lettere *B* e *B'* indicano infine due bottoni, i quali quando subiscano una leggera pressione col dito interrompono, come vedremo, il circuito elettrico. Le diverse linee tratteggiate, che partono dai diversi punti cui sopra accennammo, costituiscono le vie per le quali deve passare la corrente galvanica, e sono formate da leggerissime e sottili lastre di ottone. La lastra che congiunge i due bottoni interruttori *B* e *B'* non è, come le altre, in tutta la sua estensione, aderente alla base, o meglio alla faccia inferiore dell'apparecchio, poichè il bottone soprastante, quando sia premuto, può, come si vede nella Fig. 3, interromperne la continuità.

Mettiamo in comunicazione quest'apparecchio, così sche-

Digitized by Google

maticamente descritto, col cronoscopo. Ciò si fa adattando i due reofori della pila al pilastrino *p* del cronoscopo e al pilastrino *n* dell'apparecchio, e congiungendo l'altro pilastrino del cronoscopo ed il bottone *r* con un filo metallico. Se abbasso la lamina *q* sulle due lamine *n* ed *m*, allora la corrente da *n* passa per *q*, *G'*, *G*, *B'*, *B*, esce per *r* e penetrando nel cronoscopo ne mette in movimento gli indici. E se, come fu avvertito, qualche istante dopo la chiusura del circuito, faccio un movimento di pressione sul bottone *B* o *B'*, è naturale che, allontanando le vie di comunicazione, interrompa il giro della corrente e fermi istantaneamente gli indici del cronoscopo.

Ora, il momento più importante della esperienza si riduce a far coincidere l'abbassamento della lamina *q* con la produzione di uno stimolo di senso qualsiasi, come succede per gli eccitamenti luminosi ed elettro-cutanei; oppure, ciò che è lo stesso, a sostituire direttamente all'abbassamento della lamina l'insorgere dello stimolo stesso, come avviene negli esperimenti per le vere sensazioni tattili (contatto di un pennello) e per le sensazioni uditive.

Prima che descriva il modo con cui devono essere disposte le esperienze pei singoli tempi di reazione dei vari sensi, è necessario che accenni ai mezzi da me adoperati per provocare i diversi stimoli.

Le sensazioni ottiche sono determinate dalla comparsa della scintilla elettrica, e meglio dalla illuminazione di un tubo di Geissler nello spazio oscuro. Sopra una piccola mensola, come apparisce disegnata nella Fig. 2, è posta una cassetta di legno, una specie di grosso cubo, la cui parete anteriore presenta un'apertura quadrata, per la quale può guardare comodamente l'occhio di un osserva-

Digitized by Google

tore. Internamente le pareti della cassetta sono rivestite di nero, onde viene impedita la visione degli oggetti ivi contenuti. Nella sua parete superiore (Fig. 5) penetrano perpendicolarmente due piccoli cilindri metallici, i quali alla loro estremità inferiore portano ad angolo retto due asticine anch'esse di metallo, terminanti in punta. Le punte di queste asticine, la cui distanza è fra i 2 ai 3 millimetri, sono racchiuse, traversando due tappi di legno, in un tubo di vetro *X* dove, quando pei due bottoni *K* e *K* si fa passare una corrente indotta sviluppata da un rocchettino di Rumkorff, scoppia la scintilla, che serve come stimolo luminoso.

Sulle pareti laterali della cassetta sono infissi altri due bottoni *K' K'*, che internamente presentano due uncini, cui può essere adattato un tubo di Geissler. Appena la corrente indotta attraversa le estremità terminali esterne, il tubo, come è noto, s'illumina d'un tratto.

Per provocare l'eccitamento elettrico sulla pelle l'apparecchio è molto semplice.

In una piccola piastra rettangolare di gomma dello spessore di quattro millimetri (Fig. 6, *GG*) penetrano due bottoni metallici a vite *P P'*, che nella faccia inferiore della piastra, la quale deve essere posta in contatto della pelle, terminano con superfici leggermente rotondeggianti divise da uno spazio di pochi millimetri. La piastra di gomma si adatta alla punta delle dita, al dorso della mano, all'avambraccio, alla fronte, ecc., assicurandola, senza fare molta pressione, con un nastro.

Quando si voglia indurre un'impressione nella lingua è preferibile la pinzetta, che usano parecchi fisiologi per l'eccitamento elettrico della corteccia cerebrale.

Digitized by Google

Anche semplicissimo è l'apparecchio destinato alla produzione del suono. Nella Fig. 7 è disegnato un campanello, che vibra abbassando il martelletto a leva *L* per mezzo del tasto *T*. Il suono coinciderà con l'istante in cui si muoveranno gli indici del cronoscopo.

Per le sensazioni olfattive, di cui finora non fu possibie misurare la durata, ho imaginato uno strumento eccitatore, che descriverò brevemente.

Lo strumento (Fig. 8 e 9) consiste in un astuccio di legno della lunghezza di 10 a 12 centimetri, sormontato da una piccola scatola metallica *S*, la quale nella sua parte superiore porta un'apertura rotonda con l'orlo tagliato a becco di flauto. Quest'apertura viene chiusa ermeticamente da un coperchio *C*, pure in metallo, posto all'estremità superiore di una lunga asta verticale *CM*, che attraversa tutto l'istrumento e termina in basso con un bottone *M*, sul quale si preme quando si voglia chiudere l'apertura sopradetta. Ad ottenere i movimenti necessari per la chiusura ed apertura della scatola *C*, esiste una spirale *x* di rame che girando attorno all'asta tende ad allungarsi, trascina con sè l'asta *CM* e mantiene il coperchio *C* abbassato nell'interno della scatola: in questo modo gli effluvi odorosi, di cui sono impregnati alcuni piccoli pezzettini di spugna (*S*) nel fondo della scatola, possono uscire per l'apertura ed eccitare l'organo dell'olfatto. Il combaciamento completo del coperchio *C* con l'orlo dell'apertura si ottiene col premere sul bottone *M:* allora un anello di metallo *a*, posto sul diaframma metallico *d*, entra in una scanalatura circolare dell'asta e la fissa a mo' di scatto (1). Il movimento di va e vieni dell'anello

(1) L'ermetica chiusura del coperchio *C* è anche dovuta al fatto

Digitized by Google

si deve alla trazione esercitata da una piccola spirale avvolta attorno ad una vite *V*, che è collocata all'esterno dell'istrumento e che premuta dall'esperimentatore permette l'abbassamento improvviso dell'asta e quindi l'apertura della scatola.

L'asta verticale porta poi fissato nella sua parte inferiore un anello metallico *N*, il cui orlo è provveduto di un cercine di platino *pp*. Quest'anello, abbassandosi quando il coperchio *C* si apre all'interno, viene in contatto con due piccole molle *p' p'* terminate con punta di platino e fissate sul fondo stesso dell'istrumento. Le due mollette sono poi in diretta comunicazione coi reofori di una pila mediante i due bottoni *r' r'*. Vedremo in seguito in qual modo si determina l'istante dell'eccitamento olfattivo e della reazione muscolare volontaria.

Infine, per varie cause di cui parleremo, siccome l'eccitamento della pelle provocato dalla corrente indotta non è l'espressione fisiologica del vero e proprio eccitamento tattile, stimai opportuno di sperimentare col semplice contatto della superficie cutanea. Ed a questo scopo a me pare riesca benissimo il pennello rappresentato nella Fig. 10, che feci costruire con le indicazioni fornite dal prof. Vintschgau e che l'illustre fisiologo adoperò anche con successo nelle esperienze gustative.

che dentro un piccolo spazio cilindrico che è incavato nello stesso coperchio, trovasi una spirale: ciò si vede nella Fig. 9 (bis). In questo spazio penetra l'estremità superiore dell'asta *M*, la quale porta un altra scanalatura di 3 mill. di altezza, dove entra una piccole vite, che, mentre trattiene il coperchio *C*, permette nello stesso tempo che esso per l'azione della spirale venga continuamente spinto verso l'orifizio della scatola.

Digitized by Google

Il piccolo strumento è formato da una sottile penna metallica *l*, la quale nella faccia inferiore della sua estremità *p* termina con una piccola capsula, anch'essa di metallo, in cui è incollato un pennellino corto e sottile. Sulla faccia superiore di questa estremità, quindi al di sopra della capsula del pennello, è saldata una laminetta di platino. L'altra estremità della penna è un po' spessa e di forma cilindrica, e s'introduce in un astuccio di ottone racchiuso nel manico *K* e provveduto posteriormente di una vite, cui può essere assicurato un filo di rame. Parallelamente e al di sopra della penna *l* corre un bastoncino metallico *b*, che in corrispondenza della laminetta di platino finisce con una punta anch'essa di platino disposta in modo che possa venire facilmente e prontamente a contatto colla lamina sottostante. Il bastoncino *b* penetra in un altro astuccio metallico dello stesso manico *K*, separato del tutto dal precedente, e fornito pure nella sua estremità libera di un'altra vite per accogliere un secondo filo. Si comprende di leggieri quale sia l'ufficio di questo apparecchio: nello stesso momento in cui il pennello tocca un punto della superficie cutanea, la penna si piega in alto ed è messa in contatto con la punta metallica del bastoncino *b*. Questo contatto determinerà la chiusura della corrente cronoscopica.

Vediamo ora la disposizione degli apparecchi per le singole esperienze.

La Fig. 11 (Tav. II) dà schematicamente un'idea chiara del modo come si determina il tempo fisiologico di reazione per gli stimoli luminosi. In *C* è indicato il cronoscopo, in *P* la pila che deve sviluppare la corrente cronoscopica, in *R* il rocchetto di Rumkorff con la sua

Digitized by Google

pila corrispondente P', ed in S la cassetta col tubo di Geissler (1). — Un polo della pila P si adatta al cronoscopo ed un altro alla vite n dell'apparecchio. Con un filo metallico si congiunge il bottone r col secondo pilastrino del cronoscopo. Indi al bottone m si fissi uno dei due reofori del rocchetto, mettendo il secondo in contatto di una estremità z del tubo di Geissler, il quale, come si disse, è provveduto di due bottoni a vite. L'altro bottone z' si unisca con un filo di rame alla vite r. — Se con pressione uniforme abbasso la lamina q, attesa la disposizione di essa e la estrema levigatezza della superficie, toccherò contemporaneamente le due lamine n ed m. Stabilendo il contatto tra n e q, è chiusa la corrente cronoscopica, e gli indici girano sui quadranti; poichè la corrente da n passa in q, in B', B, esce da r e va al cronoscopo. Ma toccando nello stesso tempo con q la lamina m è chiuso il circuito della corrente sviluppata dal rocchetto ed è illuminato il tubo di Geissler, oppure, ciò che è lo stesso, scoppia la scintilla. Infatti, la corrente faradica da m passando in q, in B', B, r e z' produce in Y il fenomeno luminoso. Così nel medesimo istante, con la comparsa dello stimolo ottico, si lancia una corrente galvanica nel cronoscopo e si fanno muovere gli indici. E se in B' o in B s'interrompe, premendo sul tasto corrispondente, la via che percorre l'elettricità, tosto i due indici cessano dalla loro corsa velocissima. Questa interruzione è prodotta da un dato movimento della persona, di cui si vuol misurare il tempo fisiologico. Il soggetto di esperienza guarda dentro la cassetta intento a percepire

(1) La cassetta, per rendere più facile la rappresentazione grafica dell'esperimento, è stata supposta tolta dalla sua mensola.

Digitized by Google

il fenomeno luminoso, e con la sua mano destra leggermente poggiata sul tasto *B* (Fig. 2) ne aspetta la comparsa: appena egli ha avvertito lo stimolo, fa un movimento di pressione sopra *B* ed apre il circuito elettrico: onde, dopo una seconda lettura delle cifre segnate dagli indici, si desume il tempo trascorso per la percezione ottica. Lo sperimentatore mantiene in perfetto contatto la lamina *q* con le due lamine *m* ed *n* fino a che non sia compiuta la reazione.

Le stesse condizioni si verificano nel determinare il tempo fisiologico per gli stimoli elettro-cutanei. Senonchè in cambio del rocchetto di Rumkorff, mettiamo un apparecchio a slitta del Du Bois-Reymond (Vedi *R* della Fig. 12) che permette di graduare la intensità della corrente faradica. Nella stessa figura è designato in *G* coi suoi elettrodi il piccolo corpo rettangolare di gomma, che nelle esperienze sul senso visivo rappresenta la cassetta *S* destinata alle percezioni luminose. La piastra vien messa in contatto di vari punti cutanei della mano, della fronte ecc. Appena l'osservatore abbassa la lamina *q* sulle due lamine *m* ed *n*, il soggetto di esperimento avverte l'impressione e reagisce premendo sopra uno dei due tasti *B'* o *B*.

Per misurare il periodo di reazione agli stimoli acustici e tattili non v'è bisogno del giuoco delle lamine.

Nella Fig. 13 è rappresentata schematicamente la disposizione della esperienza del tempo fisiologico agli eccitamenti sonori. Le lettere *P* e *C* indicano, come al solito, la pila ed il cronoscopo. Un polo della sorgente galvanica si mette in rapporto col cronoscopo e l'altro col bottone *n* dell'apparecchio principale. Con un filo di rame si con-

Digitized by Google

giungono il bottone *r* e *C*. I martelletti non poggiano sulla superficie metallica dei campanelli corrispondenti. Per mezzo di un tasto *T* (V. Fig. 7), che tocca una estremità della leva *L*, il martello è mantenuto in sospensione. A metà circa della sua lunghezza, la leva è imperniata sopra un piede metallico provveduto di una molla *x*: questo piede nella superficie inferiore dell'apparecchio corrisponde ai punti *t* e *t'* della Fig. 13. Facendo una leggiera pressione sul tasto *T*, il quale scorre facilmente dentro un astuccio metallico, il martelletto cade sul campanello e produce un suono o un semplice rumore se si ottundono le vibrazioni. Allora se *t* (come è rappresentato nella figura) entra in contatto con *G*, o *t'* con *G'*, contemporaneamente all'avvenimento dello stimolo acustico la corrente galvanica della pila *P* passerà da *t* in *G*, e quindi per *B'*, *B* ed *r* raggiungerà il cronoscopo. Così il martello serve a provocare il suono e a chiudere il circuito nello stesso tempo. Le vibrazioni sonore dei due campanelli sono diverse di intensità: *G* dà un suono piuttosto grave, *G'* un suono acuto. Il movimento di reazione è sempre il medesimo.

Per le sensazioni di contatto suscitate dal pennello, credo non vi sia alcuna difficoltà di procedimento sperimentale. Dei due fili del cronoscopo *C* (V. Fig. 14) uno va alla pila *P*, e l'altro si adatta al bottoncino a vite *h* del manico del pennello. L'altro bottone inferiore *h'* si mette in comunicazione con *r* dell'apparecchio principale, e si congiunge il secondo polo galvanico con *q*. Allora la corrente cronoscopica sarà chiusa appena il pennello toccando la pelle stabilisca il contatto tra la penna e la punta di platino dell'asticina metallica superiore. Ma qui, come ha

Digitized by Google

fatto osservare il Vintschgau, sorge naturalmente la domanda se l'apparecchio corrisponda allo scopo; poichè deve determinarsi anzitutto se i due fattori essenziali dell'esperimento, cioè il contatto della superficie cutanea col pennello ed il contatto della lamina *p* con la punta di platino, avvengano nel medesimo istante. Teoricamente si può affermare che trascorrerà un tempuscolo piccolissimo fra i contatti. Prima il pennello deve toccare la cute, e poi la penna deve piegarsi in alto per raggiungere la punta di platino: quindi la chiusura della corrente cronoscopica non avverrà contemporaneamente all'eccitamento dell'organo tattile. E giacchè non è possibile di rendere nullo questo tempuscolo, bisogna, per la precisione della esperienza, studiare il modo di ridurlo in così minime proporzioni che l'errore risultante possa venire trascurato. Infatti, adottando alcune condizioni, è grandemente diminuita e sino a un certo segno quasi nulla l'influenza dell'errore di tempo sopra i risultati sperimentali. Le condizioni sarebbero le seguenti: 1.° ridurre ai minimi termini la distanza della punta di platino dalla estremità corrispondente della penna: ciò si ottiene incurvando dolcemente la penna con la mano; 2.° toccare con rapido e sicuro colpo la superficie cutanea, affinchè il contatto della penna con la punta di platino non soffra alcun ritardo. In tal caso l'errore di tempo è quasi nullo, e si dimostra essere più breve di 43 decimillesimi di secondo, che indicherebbe la cifra massima di errore.

La stessa disposizione è applicabile alla misura delle sensazioni olfattive. — Un polo della sorgente galvanica (Fig. 15) si mette in *q* e l'altro in rapporto col cronoscopo: i due bottoni *r' r'* dell'eccitatore si congiungono con fili

Digitized by Google

di rame al cronoscopo ed al bottone *r* dell'apparecchio principale.

È chiaro che, quando il coperchio dello strumento eccitatore è chiuso, non esiste contatto di sorta tra il cercine *p p* e le mollette *p' p'*. In tali condizioni nessuno effluvio esce dalla scatola ed il circuito cronoscopico è aperto. Ma premendo sulla vite *V*, e spostandosi per conseguenza l'anello *a*, il coperchio si abbassa rapidissimamente in virtù della forza elastica della spirale *x*, ed avviene l'immediato contatto fra *p p* e *p' p'*: così si stabilisce la chiusura della corrente che va al cronoscopo.

Questi sono i mezzi sperimentali, che valgono a misurare la durata delle varie percezioni e dei processi psichici più alti.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO III.

I FATTORI DEL PROCESSO PSICHICO ELEMENTARE.

Il periodo di reazione agli eccitamenti dei vari organi di senso è stato sottoposto al saggio dell'analisi sperimentale, e si è riesciti a designarne i suoi fattori, alcuni dei quali sono puramente fisiologici ed altri psicofisici. Così nel periodo di reazione noi dobbiamo distinguere (1):

1.° Il tempo richiesto perchè l'apparecchio periferico di senso converta la forza viva che vi opera, lo stimolo esterno, in eccitamento nervoso. Questo intervallo vien chiamato « stadio latente dello stimolo di senso. »

(1) EXNER, *Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Processe.* Erste Abhandlung. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, Bd. VII, pag. 601. — WUNDT, *Grundzüge der physiologischen Psychologie,* Bd. II, p. 221. Leipzig, 1880.

Il DONDERS distingue nel periodo di reazione dodici processi elementari: è una suddivisione troppo minuta ed anche, fino a un certo punto, inutile.

Digitized by Google

2.° Il tempo del conducimento della impressione sino ai centri cerebrali.

3.° Il tempo della trasformazione centrale dell'eccitamento sensitivo in eccitamento motore: o meglio i processi psicofisici della percezione, della appercezione e dello sviluppo dell'impulso volitivo (Wundt).

4.° Il tempo del conducimento motore.

5.° Il tempo della contrazione muscolare.

Il 1.°, 2.°, 4.° e 5.° sono fattori fisiologici: il 3.° invece, che abbraccia diversi momenti, è psicofisico.

Non imagini il lettore che queste varie fasi, le quali costituiscono l'atto percettivo, siano fra loro divisibili e tali da poter assegnare a ciascuna di esse una esatta misura nella successione cronologica: sarebbe, io credo, un grave e doppio errore. In primo luogo, perchè il processo di reazione agli stimoli esterni forma per sua natura un tutto organico, una serie quasi indissolubile di antecedenti e susseguenti, pei quali non si può dire dove finisca l'uno ed incominci l'altro; in secondo luogo, perchè l'esperienza contraddice, come vedremo, alla pretesa di stabilire la durata di ogni singolo fattore (1). Sebbene la parte che diremmo restitutiva del tempo di reazione sia accessibile alle nostre misure, per contrario la parte percettiva, quella che s'inizia con l'eccitamento dell'organo di senso, si sottrae del tutto ad ogni calcolo. Pertanto noi abbiamo argomento di credere che la divisione sopracennata possieda un valore relativo, e di affermare che il maggiore inter-

(1) Il Kraepelin, recentemente, nel riassumere con molta accuratezza lo stato attuale dei problemi psicometrici, si accorda anche con le nostre idee. — Vedi: *Ueber die Dauer einfacher psychischer Vorgänge*, nel « Biologisches Centralblatt » I. Jahrg. N. 21.

Digitized by Google

vallo nella durata dell'intiero atto di percezione sia dovuto ai processi psicofisici, nei quali, variando le condizioni interne dell'esperimento, si spingono con più sicurezza gli strumenti dell'analisi scientifica.

Vediamo ora di studiare nel loro singolo aspetto i diversi fattori che compongono la durata del processo psichico elementare, cominciando da quelli puramente fisiologici.

I.

Periodo sensorio latente.

Per la misura dello stadio latente conviene anzitutto produrre nell'organo di senso un dato eccitamento ed inscrivere il tempo fisiologico correlativo; indi stimolare direttamente il nervo che si distribuisce a quell'organo e prender nota della durata della reazione. Allora la differenza dei risultati esprime il tempuscolo, in cui lo stimolo rimase latente nell'apparecchio sensorio periferico. Ma queste due condizioni sperimentali, attuabili per alcuni organi come l'occhio, presuppongono altre due condizioni molto difficili a potersi calcolare, cioè che la durata del processo veramente psichico sia eguale in ambedue i casi, e che la intensità dello stimolo sia anche identica.

L'Exner, insigne psicofisiologo e sperimentatore, è convinto di così gravi difficoltà. Egli ha cercato di misurare lo stadio latente sensitivo per le impressioni luminose, ora eccitando la retina con la visione normale di una scintilla elettrica, ora stimolandola direttamente col porre gli elettrodi di Duchenne sui due processi zi-

Digitized by Google

gomatici. La persona di esperimento, in quest'ultimo caso, percepisce lampi di luce negli occhi accompagnati da sensazioni dolorose alla pelle; ed il periodo di reazione ottenuto, come risulta da ricerche comparative, corrisponde allo stimolo luminoso e non mai a quello dolorifico, che è sempre più grande.

Le esperienze dell' Exner dimostrano che, adoperando come stimolo la scintilla elettrica, il tempo di reazione ascende a 0.1506 di secondo, mentre l'eccitamento diretto della retina è percepito in 0.1139, vale a dire con una differenza di **0.0367**, la quale rappresenterebbe lo stadio latente. Accrescendo però l'intensità dello stimolo, l'equazione o periodo fisiologico si riduce in modo notevole da 0.1506 a 0.1220, e la cifra dell'eccitamento retinico diretto giunge fino a 0.1007: il che dà un tempo latente di **0.0213**, che è quasi la metà di quello ottenuto prima.

Questa differenza di numeri se indica, almeno nell'occhio, l'esistenza di uno stimolo latente, dimostra altresì che il problema cronometrico è molto complesso, poichè, come avvertimmo, tanto nella visione abituale che in quella determinata dall'eccitamento del nervo ottico bisogna supporre eguale la percezione delle due imagini visive e rendere paragonabili (la qual cosa sopravvanza i confini della realtà sperimentale) la intensità della sensazione luminosa prodotta da una corrente faradica con l'intensità di una sensazione luminosa quale è quella, diremo fisiologica, provocata dagli oggetti esterni. Poi vi è un altro fatto da notare, cioè che la scintilla eccita solamente una piccola porzione della retina; mentre la scossa elettrica cagiona una sensazione luminosa in un campo più esteso, e quindi bisognerebbe anche vedere se e fino

Digitized by Google

a qual punto la estensione dei punti eccitati influisca sul tempo di reazione. Sembra anzi dimostrato che il tempo di percezione visiva dipende dalla grandezza della imagine retinica: o, per meglio dire, la durata d'azione di un'imagine retinica, la quale deve provocare un atto percettivo, ha intimi rapporti con la sua estensione, in modo che se la grandezza di essa cresce in progressione geometrica, la durata diminuisce in progressione aritmetica (1).

II.

Trasmissione sensitiva periferica.

Anche le esperienze sulla celerità delle impressioni sensitive lungo i nervi non poggiano sopra basi sicure.

Lo Schelske, applicando alla misura della velocità dell'eccitamento nervoso sensitivo il metodo dell'Helmholtz pei nervi motori, riesce a conclusioni, cui manca ogni valore scientifico.

Con questo metodo si eccita per mezzo della corrente faradica un punto della superficie cutanea molto lontano dai centri nervosi cerebrali, ad es. il dito del piede, e con opportuni apparecchi cronometrici si registra la durata della reazione. Quindi si stimola un altro punto più vicino al cervello, il viso o il dito della mano, e si ottiene una seconda cifra, che paragonata alla prima dà col ragionamento di Schelske una certa differenza, nella quale è misurata la differenza di tempo delle trasmissioni sen-

(1) Exner, *Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit.* — Aus dem LVIII. Bde. d. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. II. Abth. 1868, p. 21.

Digitized by Google

sitive. Allora, valutando le distanze reciproche dei punti eccitati rispetto al cervello, risulterebbe che la celerità della corrente o vibrazione nei nervi di senso è di 29^{m}.60 per secondo (1).

La misura del tempo era ottenuta da Schelske per mezzo della cronografia elettrica.

Un pendolo interruttore, con aprire e chiudere ad ogni minuto secondo la corrente di una pila, agisce sopra un'elettro-calamita e fa scrivere da una penna sopra un cilindro girante la linea spezzata *aa'*, com'è disegnata nella Fig. 2.

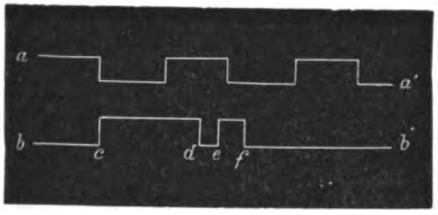


Figura 2.

Ciascun segmento orizzontale di questa linea equivale ad un secondo. Un'altra elettro-calamita, per mezzo di un'altra penna, registra la linea *bb'*, nella quale sono indicati il momento in cui si fa l'eccitazione ed il momento in cui il soggetto di esperimento, avvertito lo stimolo, reagisce. Questa seconda elettro-calamita è messa in funzione da una corrente galvanica, che induce nello stesso tempo la corrente produttrice dell'eccitamento. Quando è interrotto il circuito elettrico, la penna descrive la linea *bc*: nell'istante *c* la ca-

(1) Schelske, *Neue Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven.* Archiv für Anatomie und Physiologie, 1864, p. 151.

Digitized by Google

tena è chiusa dall'osservatore, e l'elettro-calamita e quindi la penna segna l'istante della chiusura con la linea ascendente. Il medesimo punto *c* indica nello stesso tempo il momento, in cui la corrente indotta eccita in una data regione cutanea il soggetto di esperienza, il quale, appena percepisce lo stimolo, per mezzo di opportuno apparecchio interrompe il circuito, ed il segnale di reazione è descritto nella grafica con l'abbassamento della penna al punto *d*. Quindi la distanza fra *c* e *d* rappresenta l'intervallo di tempo, che è trascorso fra l'istante dello stimolo e quello della reazione.

Scegliendo come luogo di eccitamento un'altra zona della pelle più vicina ai centri nervosi, si otterrebbe, ad esempio, in *e* il momento della impressione e in *f* quello della reazione: e però confrontando la distanza lineare delle due esperienze col tracciato cronografico superiore, *aa'*, si deduce facilmente la loro durata e si calcola la velocità della corrente nervosa.

Il Bloch, il Marey, l'Exner, il Richet ed altri hanno dimostrato il grave errore del metodo di Schelske, fondato sopra ipotesi false, sull'eguaglianza, cioè, di tempo negli altri fattori che compongono il periodo di reazione, e più specialmente del fattore psicofisico (percezione, appercezione e impulso volitivo) e sulla celerità identica dell'eccitamento nei nervi e nel midollo spinale, che è un centro per struttura e per funzione, e dove la corrente nervosa subisce un notevole ritardo.

Nelle esperienze condotte col metodo di Schelske si vuole instituire una corrispondenza assoluta di funzionalità fra due punti della pelle, come il piede e la mano,

Digitized by Google

in cui il potere del senso tattile è assai diverso. Se l'eccitazione, come nota benissimo il Marey, è eguale dal punto di vista fisico, è del tutto ineguale dal punto di vista fisiologico (1). Oramai è stato dimostrato, ed anche le nostre esperienze lo confermerebbero luminosamente, che nella durata più o meno lunga del tempo di reazione agli stimoli delle varie zone cutanee, la estensione del nervo sensitivo, in moltissimi casi, partecipa poco o punto. Più che con fenomeni fisici, accessibili alla fettuccia metrica, noi abbiamo da fare con fenomeni fisiologici, con esperienze organiche del cervello e con rappresentazioni mentali.

Nè le misure di alcuni fisiologi, dedotte dalla rapidità dei movimenti reflessi nella rana, esprimono la vera durata della corrente nervosa sensitiva; poichè in quelle misure si trascura il tempo centrale dell'atto reflesso (2).

Anche il metodo del Bloch, che escluderebbe, secondo lui, dalle esperienze cronometriche la compartecipazione della volontà, parte da un elemento difficilmente apprezzabile. Il processo, a dir vero ingegnosissimo, poggia sulla persistenza delle sensazioni tattili prodotte da stimoli meccanici. Perchè due scosse meccaniche fatte

(1) Marey, *La méthode graphique dans les sciences expérimentales.* Deux p. Ch. II. p. 149. Paris, 1878.

(2) Il Marey, per misurare la corrente nervosa sensitiva, studiò la celerità dei movimenti reflessi nelle rane avvelenate con stricnina. Secondo che il nervo sciatico era eccitato in punti più o meno lontani dal centro midollare, egli ottenne come indice misuratore della velocità nervosa una cifra quasi sempre più alta di 30 metri per l'unità di tempo. — Vedi: Marey, *Du mouvement dans les fonctions de la vie,* p. 411. Paris, 1868.

Digitized by Google

successivamente in due regioni della pelle siano percepite nello stesso tempo, è necessario un dato intervallo, che è maggiore quanto più i punti eccitati sono lontani l'uno dall'altro: la differenza dell'intervallo misura la durata della trasmissione nervosa sensitiva. In questo modo il Bloch ha ottenuto la celerità di 132 m. per secondo (1).

Ma col metodo del Bloch non sono eliminate le influenze psicologiche, che nelle presenti ricerche sono di massimo interesse. Infatti, come nota profondamente il Wundt, sulla percezione di due stimoli successivi esercita grande efficacia il discernimento di questi stimoli e dei punti eccitati dell'organo di senso. La enorme grandezza delle cifre, che rappresentano la velocità della corrente nei nervi di senso, sarebbe dovuta ad una condizione psichica importantissima, cioè allo sforzo dell'attenzione nel percepire simultaneamente gli stimoli cutanei.

Nè la soluzione del problema proposta dal Richet, che, in fondo, è un rimodernamento del metodo dello Schelske, esprime la realtà dei fatti. Pel Richet, in primo luogo, la celerità della corrente nervosa sensitiva deve essere soltanto studiata nell'uomo, poichè negli animali, mettendo in opera il potere reflesso del midollo, s'introduce un elemento che ritarda la corrente medesima. Inoltre, per isfuggire ad una causa di errore, della quale gli sperimentatori non hanno tenuto conto, non conviene eccitare successivamente, ad esempio, la mano e la fronte, poichè negli esperimenti di reazione allo stimolo sulla mano v'è interposto un piccolo segmento di midollo spi-

(1) Bloch, *Expériences sur la vitesse du courant nerveux sensitif de l'homme.* Archives de physiologie normale et pathologique, 1875, p. 538 e seg.

Digitized by Google

nale. che ritarderebbe di una quantità incognita il conducimento sensitivo. Bisogna invece scegliere due punti dello stesso nervo collocati a distanze ineguali dal midollo e calcolare comparativamente l'equazione personale dopo un grandissimo numero di esperienze. Con opportuno apparecchio registratore e con segnali istantanei, egli, sebbene confessi che i risultati non siano definitivi, ha potuto concludere che la celerità dei nervi di senso è maggiore di quella dei nervi di moto e sembra oltrepassare i 50 m. per secondo (1). Ritornando in seguito sul medesimo argomento, il Richet ha notato l'insufficiente esattezza dei suoi esperimenti: infatti le differenze cronometriche fra due reazioni, le quali conseguono allo stimolo di un medesimo punto della superficie cutanea, sono spesso molto più notevoli delle differenze di durata fra due reazioni provocate da eccitamenti assai lontani l'uno dall'altro (2).

Ad una cifra, molto vicina a quella ottenuta da Schelske, giunge il René per mezzo di esperienze recentissime ed assai numerose. Il metodo da lui prescelto è quello di variare la lunghezza dei nervi di senso, mantenendo immutati gli altri fattori del periodo fisiologico, cioè l'atto cerebrale, l'impulso motore ed il meccanismo di reazione. Cotesto metodo è alquanto diverso da quello che

(1) Richet, *Récherches expérimentales et cliniques sur la sensibilité*, p. 52 e seg. Paris, 1877.

(2) Richet, *Physiologie des muscles et des nerfs*, p. 583. Paris, 1882.

Il Richet ed il Bloch hanno poi dimostrato che le variazioni dell'errore personale sono troppo grandi e che non è possibile, col metodo delle medie in uso comune, misurare con esattezza rigorosa la velocità di trasmissione dei nervi sensitivi.

Digitized by Google

misura la velocità eccitando i nervi sensitivi cutanei a distanze variabili dai centri cerebrali; poichè il René determina anzitutto la durata media della percezione di uno stimolo elettrico all'indice della mano sinistra, e confronta questo intervallo con la durata di una semplice percezione acustica, la quale è minore della prima. La differenza fra le due cifre rappresenta la velocità della corrente nervosa per un'estensione che dall'indice va alla settima vertebra cervicale ed alla linea biauricolare. Così sopra una lunghezza media di 95 centimetri si ottiene un valore numerico di 0.033 di secondo, ossia una celerità di trasmissione sensitiva di 28 metri per l'unità di tempo (1).

Molte delle osservazioni critiche precedenti troverebbero luogo anche in questo caso. Quivi pure, con ipotesi non legittima, è trascurato l'intervallo centrale psicofisico del periodo fisiologico, ed è supposto eguale lo stadio latente nei due organi di senso, cioè il tempo necessario ad eccitare le terminazioni nervose dell'acustico col semplice rumore di un piccolo martello e le diramazioni sensitive della punta del dito con una scossa elettrica di modico grado. I coefficienti di eccitazione nei due organi di senso sono di qualità e di quantità differenti, e perciò non paragonabili fra di loro.

Per conchiudere finalmente, il Kohlrausch calcola la celerità a 94 metri; l'Hirsch in modo approssimativo a 34; De Jaager a 26, con oscillazioni fra un

(1) René, *Étude expérimentale sur la vitesse nerveuse chez l'homme.* « Gazette des Hopitaux, » N. 35 e seg. 1882.

Adoperando il metodo di Schelske, che egli critica con numerose prove di fatto, il René ha ricavato delle cifre variabili fra 39 e 18 metri.

Digitized by Google

massimo di 50 metri e un minimo di 14.65; il Wittich da 34 a 44; l'Exner e l'Obersteiner, non conoscendosi alcuna differenza anatomica tra le fibre nervose motrici e sensitive, a 62, ed il Burckhardt a 46.8 (1). Aggiungerò che l'Helmholtz, il quale, a dir vero, ebbe ad applicare, sin dal 1850, il metodo fallace che misura la velocità dalle lunghezze percorse, computò qual valore approssimativo la cifra di 60 metri al secondo.

Ma se nella determinazione cronometrica del periodo latente dell'organo di senso e della corrente nervosa consecutiva il lavorio sperimentale non fornisce risultati accettabili; nel fatto invece della velocità nervosa motrice e del periodo latente muscolare è possibile la misura del tempo. Quivi le fibre dei nervi centrifughi e le fibre dei muscoli, sostituendo all'eccitamento volontario uno stimolo elettrico, si sottraggono alla compartecipazione degli apparecchi cerebrali, che rendevano assai difficile ogni limite

(1) Per dimostrare quanto siano attendibili le *medie* della velocità nervosa calcolate col metodo di Schelske, basta guardare il seguente prospetto del Kohlrausch (*Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven*, nella « Zeitschrift für rationelle Medicin, » Bd. XXVIII), nel quale sono raccolti i valori medi di un migliaio di esperienze cronoscopiche fatte sopra quattro persone con eccitazione della guancia e della mano:

	Differenza di tempo	Differenza di lunghezza nervosa	Velocità
A	0.011	c.m. 90	metri 82
B	0.004	» 90	» 225
C	0.007	» 90	» 129
D	0.016	» 90	» 56
Media generale	0.0096	c.m. 90	metri 94

Digitized by Google

funzionale tra essi e i nervi centripeti. Ciò non pertanto, anche quivi s'incontrano degli ostacoli dipendenti da varie circostanze fisiche e fisiologiche.

III.

Trasmissione motrice periferica.

L'Helmholtz per il primo, con esperienze memorabili, misurò la velocità della corrente nei nervi motori, facendo uso di due metodi: l'uno, che va inteso col nome di « metodo di Pouillet, » e l'altro che è il metodo grafico (1).

Col primo, che servì al Pouillet (1844) per determinare la velocità dei proiettili, si calcola l'unità di tempo necessaria alla trasmissione dell'agente nervoso, misurando la durata di una corrente che si lancia attraverso un galvanometro nell'istante in cui si eccita il nervo di moto, ed è interrotta nell'istante in cui il muscolo eccitato si contrae. Le durate brevissime della corrente elettrica si deducono dalle ampiezze proporzionali delle oscillazioni dell'ago galvanometrico.

Ora, se lo sperimentatore registri il tempo che passa fra l'eccitazione di un punto del nervo vicinissimo al muscolo e la consecutiva contrazione, e faccia lo stesso per un altro punto che sia più lontano, dalla differenza della durata ossia della deviazione galvanometrica, che sarà

(1) Helmholtz, *Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven.* Müller's Archiv für Anatomie u. Physiologie, 1850 p. 276, e 1852 p. 199.

Digitized by Google

più piccola nel primo e più grande nel secondo caso, deriverà il tempo impiegato per la trasmissione fra i due punti e quindi, conosciutane la lunghezza, potrà calcolare la velocità della trasmissione medesima.

La seguente Figura 3 dà un'idea schematica del modo con cui si dispone il delicatissimo esperimento.

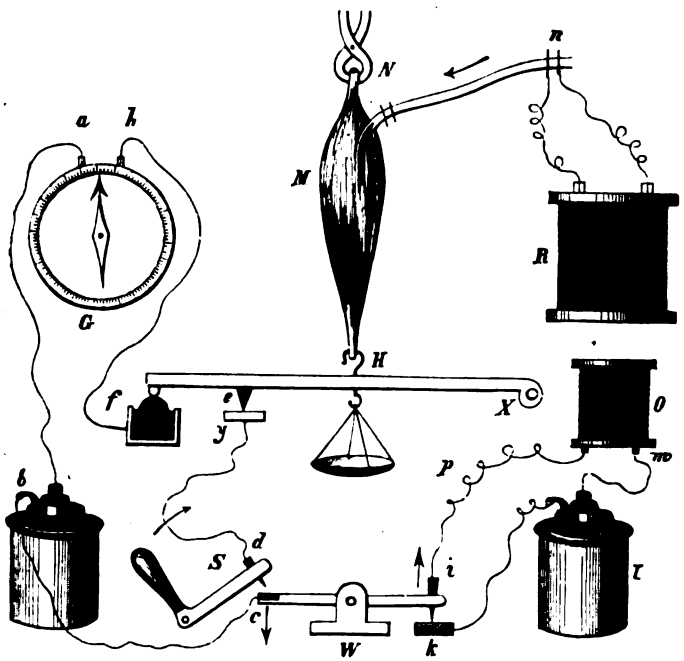


Figura 3.

In *M* è disegnato il muscolo gastrocnemio di una rana, ed in *Nn* il suo nervo motore. All'estremità inferiore il muscolo è connesso ad una leva *H*, la quale si muove attorno all'asse *X*, con la punta di platino *e* poggia sopra

Digitized by Google

una piastra dello stesso metallo *g* e con una punta di rame amalgamata viene in contatto col mercurio della capsula *f*. — Il galvanometro è disegnato in *G*, e la corrente galvanometrica comprende il circuito *a b c d e f h*. Si chiude il circuito abbassando la leva *S* e mettendo in contatto la punta *d* con la piastra di platino *c* dell'altalena *W*. Nel momento della chiusura l'ago galvanometrico devia; ma nel medesimo istante, in cui la leva *S* abbassandosi chiude la corrente fra *c* e *d*, s'innalza in *i* l'estremità dell'altalena *W* e s'interrompe il circuito *i k l m o p* di un apparecchio di induzione. Quindi nella spirale *R* è indotta una scossa di apertura che stimola in *n* il nervo motore. Nessuno intervallo apprezzabile trascorre fra l'interrompersi della corrente induttrice e il prodursi della corrente indotta: onde la chiusura del circolo galvanometrico coincide con l'eccitamento del nervo. — Dal punto *n* del nervo lo stimolo elettrico si propaga fino al muscolo *M*, il quale contraendosi innalza la leva *H* ed interrompe nei due contatti *e* ed *f* la corrente cronometrica: in questo medesimo momento dell'apertura cessa l'ulteriore deviazione dell'ago magnetico.

Se dopo la contrazione muscolare la leva *H* si abbassasse nuovamente, si ristabilirebbe il circuito galvanometrico e l'esperienza fallirebbe. Conviene quindi modificare il contatto in *f*, il quale avviene per mezzo di una sottile vena liquida, che unisce la punta amalgamata al mercurio. Ciò si fa prima dell'esperienza abbassando la capsula in modo che il mercurio per attrazione capillare possa sollevarsi in cono ed unirsi per un filo alla punta amalgamata soprastante. Il più piccolo movimento basta a rompere questa esilissima comunicazione; e se la leva ridiscende e

Digitized by Google

con la punta *e* tocca la piastra metallica che le sta di sotto, pure il contatto in *f*, avendo il mercurio ripresa la sua superficie sferoidale, non può aver luogo e quindi rimane aperto il circuito galvanometrico.

Eccitando, adunque, il nervo nel punto *n* e poi in *N* si può dalla differenza di durata determinare il tempo richiesto per la trasmissione dell'eccitamento nel tratto nervoso *nN*. Così l'Helmholtz ha trovato che una lunghezza di 43 millimetri è percorsa dalla corrente motrice in un tempuscolo di 0.00175: ossia la velocità dell'agente nervoso è di $26^m.4$ per minuto secondo.

Con l'altro metodo, che è il grafico, l'Helmholtz, sperimentando sui nervi motori della rana ottenne quasi i medesimi risultati. Si stimoli il nervo in due punti, dei quali uno sia più vicino e l'altro più lontano dal muscolo, e si facciano disegnare successivamente sul cilindro del miografo le due curve di contrazione muscolare. Si vedrà allora che tra l'istante di produzione dello stimolo elettrico, che è segnato per i due stimoli successivi sopra una stessa linea verticale, e l'istante in cui il muscolo descrive la sua curva, trascorre un certo tempuscolo, il quale è più piccolo quando si eccita il punto nervoso più vicino al muscolo, mentre è più grande quando si agisce sul punto più lontano. La differenza è dovuta al fatto che in questo ultimo caso l'eccitamento dovendo percorrere una distanza maggiore ha provocato nel muscolo una contrazione più tarda. Il tempo poi si calcola sia dalla celerità conosciuta, con la quale si muove il cilindro miografico, sia facendo nello stesso tempo descrivere la curva muscolare e le vibrazioni di un diapason. Dal tempo e dalla distanza, che

Digitized by Google

passa fra i due punti del nervo, si desume facilmente la velocità di trasmissione, che dall'Helmholtz fu valutata a $27^{m}.25$ il secondo.

Nella Figura 4, che riproduce dal Marey due esperienze sull'uomo, si vedono disegnate le curve muscolari *A*, *A'*, le quali si ottennero in seguito a due eccitazioni, la cui origine è posta sulla linea verticale *V*.

Nella esperienza *1* il nervo è stimolato in un punto assai vicino al muscolo; nella esperienza *2*, corrispondente alla

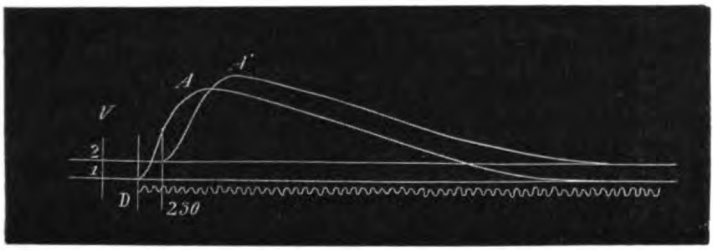


Figura 4.

curva di contrazione *A'*, l'eccitamento avvenne a 30 centimetri di distanza dal muscolo. L'intervallo, che separa i punti di origine delle due curve, rappresenta il tempo, durante il quale l'eccitazione percorse 30 centimetri di lunghezza. Ed a misurare questo tempo nella linea inferiore della figura sono registrate le oscillazioni di un diapason vibrante 250 volte in un secondo (1).

(1) L'intervallo che nella figura separa le due curve muscolari corrisponde a circa 2.5 vibrazioni, cioè a 0.01. Quindi la celerità della trasmissione motrice è di 30 metri al secondo. Questa cifra del Marey concorda con quelle dell'Helmholtz.

Digitized by Google

Lo stesso metodo grafico, che servi per la misura della celerità nei nervi motori della rana, applicarono l'Helmholtz ed il Baxt all'uomo (1). La contrazione dei muscoli dell'eminenza tenar per mezzo di una leva leggierissima era registrata graficamente, ed il nervo mediano era eccitato in due punti diversi, all'articolazione della mano e al braccio. L'arto, sul quale si provocava lo stimolo elettrico, era reso immobile da un involucro ingessato, nel quale due piccole aperture servivano pel passaggio degli elettrodi. I valori numerici ottenuti dall'Helmholtz e dal Baxt furono i seguenti:

	Numero delle esperienze	Velocità media
H	12	m. 31.5389
B	10	» 37.4927
»	15	» 33.305
		Media generale m. 33.9005

Il Wittich ha pure determinato la celerità dei nervi motori nell'uomo eccitando le fibre cutanee oppure le acustiche con stimoli omologhi e facendo reagire volontariamente dei gruppi muscolari a distanze varie dal cervello: la trasmissione motrice in un secondo impiegherebbe in media 30.3 metri (2). Il Place, nel ripetere col metodo

(1) Helmholtz u. Baxt, *Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven des Menschen.* Monatsber. der Berliner Academie der Wissenschaften, 1867 p. 228, e 1870 p. 184.

(2) Wittich, *Ueber die Fortleitungsgeschwindigkeit im menschlichen Nerven.* Zeitschrift für rationelle Medicin, III. R. Bd. XXXI, p. 106.

Esperienze analoghe del René (l. c.) hanno dato 20 m. per secondo. Il Burckhardt dà 27m.3.

Digitized by Google

grafico le esperienze di Helmholtz e Baxt, fornisce cifre di velocità quasi eguale solamente quando trattasi di lunghe estensioni nervose (1). Sicchè la massima parte dei fisiologi accolgono i valori numerici dell' Helmholtz come quelli che esprimono la misura più esatta della velocità dell'eccitamento nei nervi motori (2).

Nondimeno v'è ancora qualche dubbio da sciogliere.

Egli è certo che mancano le prove decisive per dimostrare la conduzione uniformemente celere dell'agente nervoso, qualunque sia la lunghezza percorsa.

Nelle ricerche, delle quali abbiamo discorso, fu ammesso, senza riserva, il rapporto proporzionale dei tempi alle lunghezze, non solo per i nervi sensitivi, ma anche per i

(1) Place, *Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den motorischen Nerven des Menschen.* Pflüger's Archiv für d. ges. Physiologie, Bd. III, p. 424.

Il Place, sperimentando nell'uomo, in una prima serie di ricerche eccitava il nervo al di sopra della piegatura del gomito ed alla articolazione della mano: la distanza fra questi due punti è di circa 300 mm. e la velocità della corrente sarebbe di 53 m. al secondo. In un'altra serie collocando il punto superiore di eccitamento piu in alto, vicino al muscolo coraco-bracciale, la velocità si riduce a 35.25 m.

(2) Pei nervi motori della rana vanno ricordate le esperienze del Marey (*Du mouvement dans les fonctions de la vie,* p. 429) che ottenne col metodo grafico una velocità di 20 m. per secondo; quelle del Lamansky (*Studien des physiol. Instit. zu Breslau,* IV, p. 220, 1863) che trovò 29m.58 ed in una seconda serie 33m.76; e quelle del Bernstein (*Archiv für die gesammte Physiologie,* Bd. I, p. 173) che per mezzo del reotomo differenziale calcolò la celerità a 25-33 metri. — Sui grandi mammiferi (asino e cavallo) lo Chauveau (*Comptes rendus de l'Académie des sciences,* 1878, T. LXXXII, p. 138 e 238), col metodo delle eccitazioni unipolari, avrebbe trovato una cifra molto alta, cioè 65 metri.

Digitized by Google

nervi di movimento. Il Munk però sperimentando nella rana, in tre punti diversi del nervo motore, avrebbe osservato che la celerità aumenta a misura che il nervo si avvicina al muscolo, ossia che l'eccitamento si propaga tanto più rapidamente quanto più è lunga l'estensione da percorrere (1). Il Rosenthal, per contrario, nega il rapido moltiplicarsi, ed ammette una forma di moto ritardato dell'attività motrice nervosa, perchè nella compagine istologica delle fibre si farebbe resistenza alla propagazione dell'eccitamento, come si può vedere facilmente, secondo lui, nei reflessi (2). Inoltre, le eguali estensioni dei nervi, prese ad esempio nel braccio e nell'antibraccio, non dimostrano eguale velocità: onde i problemi fisiologici della costanza uniforme, dell'acceleramento o del ritardo della corrente motrice, e la questione di possibili celerità specifiche ai diversi tratti nervosi, non sono tuttora convenientemente chiariti.

Quel che sembra indubitabile è il fatto che gli eccitamenti più intensi si propagano più celermente, o meglio che la velocità costituisce una funzione dell'intensità. Ciò si ricaverebbe dalle esperienze dell'Helmholtz e del Baxt, e dalle ricerche sugli animali del Valentin, del Troitzky e del Wundt (3), malgrado non sia stato am-

(1) Munk, *Untersuchungen über die Leitung der Erregung in Nerven.* Archiv für Anatomie und Phys. 1860, p. 798.

(2) Rosenthal, *Les nerfs et les muscles* (trad. franç.), p. 98 e 254. Paris, 1878.

(3) Valentin, *Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung.* Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre, Bd. X, p. 526. — Troitzky, *Über die Bestimmungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung im Froschnerven bei verschiedenen Temperaturgraden und verschiedener Stärke des reizenden Stromes.* Pflüger's

Digitized by Google

messo da altri fisiologi. Ad eguale intensità di eccitamento sopra punti del nervo vicini e lontani dal muscolo, sembra anche manifesto nelle fibre motrici il fenomeno della trasmissione a guisa di valanga descritto dal Pflüger e confermato da recenti esperienze non solo per mezzo di stimoli elettrici, ma per mezzo di stimoli chimici e meccanici (1). Finalmente è da ricordare che alcune condizioni fisiche, come la temperatura, modificano il potere di conducimento. Il freddo sarebbe cagione di ritardo, mentre il caldo, per l'opposto, di aumento; sebbene il Marey creda di interpretare questa variabilità di durata riferendola quasi del tutto ai fenomeni incogniti, che produconsi nel periodo latente muscolare (2).

Infine un'ultima condizione modifica la rapidità del decorso dell'eccitamento nei nervi di moto, ed è il sonno.

Il Mosso, nel ripetere le esperienze dell'Helmholtz sopra persone prima sveglie e poi addormentate, trovò

Archiv, Bd. VIII, p. 599. — WUNDT, *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren*, I, p. 193. Stuttgart, 1873.

Recentissimamente il VINTSCHGAU ha ripreso lo studio della quistione, iniziando le sue ricerche sulle rane con la massima intensità degli stimoli elettrici. Non è qui il luogo di discorrere ex professo di un tal problema fisiologico.

Vedi: VINTSCHGAU, *Untersuchungen über die Frage, ob die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Nervenerregung von der Reizstärke abhängig ist.* Pflüger's Archiv, Bd. XXX, 1882, p. 17.

(1) HÄLLSTÉN, *Zur Kenntniss der mechanischen Reizung der Nerven.* Archiv f. Physiologie, 1881, p. 90. — SZPILMAN u. LUCHSINGER, *Zur Beziehung von Leitungs-und Erregungsvermögen der Nervenfaser.* Pflüger's Archiv, 1881, Bd. XXIV, p. 347.

(2) I risultati delle esperienze del TROITZKY sull'influenza mista della temperatura e della forza degli stimoli sono i seguenti:

1.° Ad intensità minima della corrente eccitatrice, il massimo

Digitized by Google

che nel sonno è maggiore il tempo che impiega l'eccitamento nervoso a trasmettersi lungo il braccio, ed è più breve nella veglia: cioè se determiniamo il tempo che intercede fra l'istante in cui eccitasi il nervo mediano presso il margine del muscolo bicipite e quello in cui compare la contrazione nei muscoli del pollice, e quindi mettiamo gli elettrodi vicino al pollice e stimoliamo un'altra volta il nervo, si vedrà che la differenza fra queste due determinazioni dà un intervallo più alto nel sonno che non nella veglia. Il che importa che nei nervi durante il sonno si produce una resistenza più grande alla trasmissione dei processi che costituiscono gli eccitamenti nervosi (1).

IV.

Periodo latente muscolare.

L'eccitazione motrice compie la sua fase col determinare la contrazione del muscolo. Noi possiamo rappresentarci graficamente il fenomeno completo della contrazione sotto forma di curva, *b d e*, come si vede disegnata nella Figura 5.

di velocità di propagazione nei nervi motori è fra + 20° e + 10°. La celerità decresce se il nervo è riscaldato fino a 30° o raffreddato fino a 0°.

2.° Rinforzandosi lo stimolo, diminuisce l'influenza della temperatura sulla trasmissione nervosa: la celerità risente maggiore efficacia dalla forza della corrente eccitatrice che dalla temperatura.

3.° A corrente molto intensa sparisce del tutto l'influenza della temperatura.

(1) Mosso, *Il sonno sotto il rispetto fisiologico ed igienico*. Giornale della Società italiana d'igiene. Anno IV, 1882, p. 801.

Digitized by Google

L'analisi della curva miografica ci permette di scomporre la sua durata in tre periodi distinti:

1.° *Stadio dell'energia o dell'eccitazione latente*, il quale è dovuto a ciò che il muscolo non comincia a contrarsi nel medesimo istante in cui è stato eccitato. Tra il momento dello stimolo e l'inizio della contrazione trascorre un tempuscolo apprezzabile, cui si dà il nome di *periodo latente* o *tempo perduto*. Nella figura questo intervallo è rappresentato da *ab*, poichè il muscolo che ha ricevuto l'eccitamento in *a* comincia a contrarsi nel punto *b*.

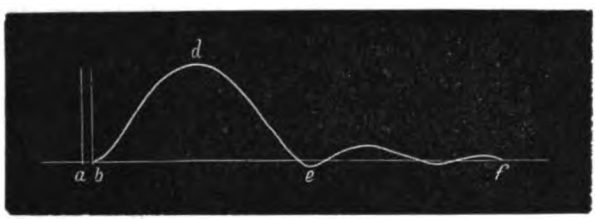


Figura 5.

2.° *Stadio dell'energia ascendente*, (*bd*), che corrisponde all'accorciamento del muscolo, le cui contrazioni rapide da principio si compiono verso la fine in modo più lento.

3.° *Stadio dell'energia discendente*, (*de*), in cui il muscolo dal massimo dell'accorciamento *d* ritorna alla sua lunghezza primitiva.

Finalmente i fisiologi ammetterebbero un quarto stadio detto « delle oscillazioni elastiche consecutive » (*e f*), le quali svaniscono a poco a poco e sono dovute alla elasticità propria del muscolo.

Sopratutto per le attuali ricerche psicofisiche a noi interessa il periodo latente muscolare, che è uno dei fattori

Digitized by Google

fisiologici del tempo di reazione volontaria agli stimoli di senso.

Anche in quest'ordine di indagini sperimentali l'Helmholtz fu il primo a misurare la durata dell'eccitazione latente, che equivarrebbe a $^1/_{100}$ di minuto secondo (1).

Dopo l'Helmholtz molti fisiologi hanno studiato il fenomeno, ma quasi tutte le loro esperienze delicatissime si riferiscono ad animali e specialmente alle rane. Oltre a quelle sui muscoli striati o volontari, analoghe ricerche sono state compiute sopra le fibre liscie che circondano le pareti dei vasi (Gruenhagen e Franck), sul cuore (Donders, Engelmann, Marey, Marchand), sopra lo stesso elemento muscolare volontario eccitato direttamente e di cui il tempo perduto non sopravvanzerebbe mai i 4 millesimi di secondo (Gad). La analisi fisiologica si è spinta anche innanzi, poichè il Bernstein nello studio del periodo latente muscolare ha scoperto un altro periodo latente delle variazioni elettriche, che è contenuto nel primo ed ha una durata piccolissima (2).

Ma sui muscoli dell'uomo gli esperimenti sono assai pochi e comunemente si accetta la misura formulata dall'Helmholtz, sebbene qualcuno l'abbia trovato fin due volte più grande.

In generale il periodo latente nell'uomo è meno lungo di quello dei muscoli della rana: un tal fatto dovrebbe

(1) Helmholtz, l. c.

(2) Il periodo latente delle variazioni elettriche è compreso tra l'istante in cui si eccita il muscolo e quello in cui comincia a manifestarsi la così detta variazione negativa del muscolo medesimo. Il periodo elettrico dura 0.001 e la consecutiva variazione 0 004.

Digitized by Google

essere posto in riscontro col fenomeno osservato dall'Helmholtz e dal Baxt, cioè che la propagazione dell'eccitamento motore è più rapida nei nervi dell'uomo che in quelli della rana.

Nell'uomo, secondo studi recenti, in paragone della rana il periodo muscolare presenterebbe una maggiore variabilità (1). La media comune della durata oscilla fra 0.006 e 0.008: è più grande, d'ordinario, nella donna che nell'uomo, nel vecchio che nell'adulto. I muscoli del medesimo individuo non dimostrano sempre eguale coefficiente cronometrico: i flessori hanno per lo più un periodo meno lungo degli estensori dello stesso membro, e quasi in un rapporto analogo stanno i muscoli dell'arto superiore destro rispetto ai congeneri dell'arto omonimo di sinistra. Lo stato di nutrizione e di attività del muscolo dispiega non poca efficacia sul tempo perduto, e sembra che la piccolezza della durata sia in ragione inversa dell'eccitabilità anzi che della forza meccanica e del lavoro che può eseguire il muscolo.

Sottoponendo i muscoli dell'uomo alla stanchezza, cioè ad una serie successiva di eccitamenti, il periodo latente, come nelle rane, si fa più lungo e la curva muscolare disegnata coi mezzi grafici diviene più bassa e più estesa; mentre quando il tono del muscolo è leggermente rinforzato per influenza diretta della volontà, il tempo perduto si abbrevia in paragone a quello di un altro muscolo, che trovisi nello stato abituale di rilasciamento. Infine è da notare la grande efficacia dovuta all'intensità della cor-

(1) MENDELSSOHN, *Étude sur l'excitation latente du muscle chez la grenouille et chez l'homme a l'état sain et a l'état pathologique.* Travaux du laboratoire de MAREY, III, Paris, 1880.

Digitized by Google

rente elettrica eccitatrice. La massima parte degli sperimentatori si accorda nel dire che il periodo latente impiega una durata maggiore o minore a misura che la forza dello stimolo diminuisce od aumenta. Tuttavia il Brücke, che nel muscolo della rana ha trovato un tempo perduto di circa 0,007, ammette che l'intensità della corrente non induce alcuna modificazione e che il periodo si mantiene

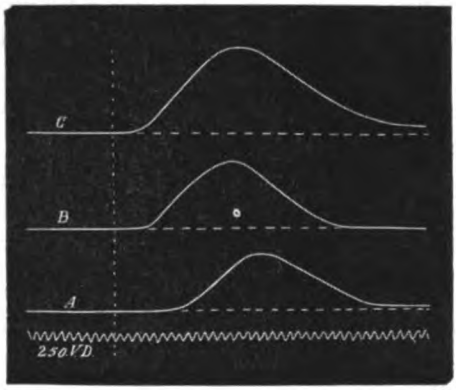


Figura 6.

entro gli stessi limiti cronometrici, sia che l'eccitazione è debole o forte. Quasi i medesimi risultati avrebbe ottenuto il Lautenbach da apposite ricerche. Le esperienze più recenti del Mendelssohn, che sull'argomento di cui ci occupiamo ha fatto uno studio diligentissimo, dimostrano invece il contrario.

Il Mendelssohn notò sempre un accrescimento e una diminuzione del tempo perduto secondo che la corrente eccitatrice, galvanica o indotta, era debole o forte. Ed a rendere viemmeglio intelligibile il fenomeno impor-

Digitized by Google

tante, si può osservare la rappresentazione grafica nella Figura 6, dove sono visibilissime le variazioni del periodo latente e della ampiezza delle curve muscolari ottenute con eccitazioni elettriche d'intensità variabile.

Nella linea *C*, a corrente fortissima, la durata del periodo latente è di $^{1}/_{125}$ di secondo; nella linea *B*, a corrente con intensità minore di $^{1}/_{3}$ della precedente, il periodo è eguale a $^{1}/_{100}$; nella linea *A*, a corrente debolissima, eguale in intensità a $^{1}/_{4}$ della prima, la durata è $^{2}/_{100}$ di secondo.

V.

Trasmissione nel midollo spinale.

Fin qui dalle nostre disamine è stato escluso il centro nervoso spinale, che, come è noto, è pure un organo di trasmissione. In taluni casi, quando si voglia determinare il tempo di reazione all'eccitamento di molti punti della pelle, bisogna tener conto del midollo spinale, che si frappone nella durata dell'atto percettivo tanto nel periodo centripeto che in quello della conduzione motrice. Anche nelle reazioni tattili della fronte, del viso e della lingua, e nei tempi fisiologici correlativi agli stimoli della vista e dell'udito, dovendo con un movimento rapido della mano segnare l'avvenuta percezione, una parte benchè piccola del midollo è impegnata nel decorso cronologico dell'impulso motore.

Del tempo che trascorre all'interno dei centri spinali nelle varie circostanze indicate alcuni fisiologi non fanno

Digitized by Google

ricordo, presupponendo, contro i postulati della esperienza, che tra nervi e midollo vi sia equivalenza di velocità conduttrice. Fa meraviglia pertanto che il Bloch, col suo metodo, assegni al midollo spinale una celerità sensitiva di 194 metri per secondo, cioè una trasmissione molto più celere di quella accordata alle fibre nervose periferiche.

Per l'opposto, secondo l'Exner, la corrente di senso nel midollo impiega 8 metri al secondo, laddove nei nervi si propaga con velocità quasi otto volte maggiore: e queste cifre sono accettate da altri sperimentatori, come l'Obersteiner (1).

Il processo sperimentale dell'Exner, che presenta molta analogia con quello di Schelske pei nervi di senso, trascura le grandi oscillazioni degli intervalli psicofisici, cui devesi attribuire la massima importanza nello studio dell'equazione personale. Infatti, l'Exner determina dapprima il tempo di reazione stimolando con la corrente faradica le dita del piede, ed in esperimenti consecutivi eccitando la mano dello stesso lato. Il segnale nell'uno e nell'altro caso si dà con la mano destra. Così, per esempio, al piede il tempo fisiologico di reazione è 0.1749; alla mano 0.1283. L'estensione del conduttore nervoso nella persona soggetta all'esperimento, che è lo stesso Exner, dal piede sino al rigonfiamento lombare ascende a $1^{m}.30$, e quella dalla mano al rigonfiamento cervicale a 98 centimetri. Ammessa la celerità della corrente nei nervi per 62 metri il secondo, nel primo tratto

(1) Exner, *Experimentelle Untersuchung, etc.* Pflüger's Archiv, Bd. VII, p. 632. — Obersteiner, *Ueber eine neue einfache Methode zur Bestimmung der psychischen Leistungsfähigkeit des Gehirnes Geisteskranker.* Virchow's Archiv, Bd. LIX, p. 434.

Digitized by Google

si perderanno 0.0210, e nel tratto che dalla mano si estende al rigonfiamento cervicale 0.0158. La distanza che passa fra i due rigonfiamenti, misurata sopra un cadavere di eguale altezza, è di circa 33 centimetri: onde, facendo i calcoli opportuni, si otterrà una celerità di propagazione nel midollo di $7^{m}.97$ al secondo.

Queste cifre, cui lo stesso Exner naturalmente non attribuisce un valore assoluto, sarebbero l'espressione adeguata del fenomeno se in tutta la lunghezza del midollo la conduzione avvenisse con celerità uniforme, se l'eccitamento nell'entrata e nell'uscita dal centro spinale non presentasse alcun indugio, oppure se i ritardi indubitabili, derivanti dalla tessitura anatomica del midollo, fossero della stessa durata nelle vie sensorie come lo sono nella via motrice, e se, infine, l'intervallo essenzialmente psicologico prodotto dall'eccitamento di due regioni cutanee diverse si compisse in tempi eguali.

Altre esperienze forniscono risultati differenti. Il Burckhardt, distinguendo la qualità degli eccitamenti, ha trovato che gli stimoli tattili percorrono il midollo più velocemente degli stimoli dolorosi (1). La cifra media della celerità per le impressioni di contatto è $42^{m}.3$, con un massimo di 50 ed un minimo di 27 metri: sicchè, secondo lui, la conduzione sensitiva periferica starebbe a quella spinale come **11.5 : 10.** Per le impressioni dolorifiche la media del midollo è $12^{m}.9$, con un massimo di 18 ed un minimo di 8.3 metri: in questo caso il rapporto tra le conduzioni periferiche e le spinali sarebbe come **3.7 : 1.** La ragione di tali differenze nella velocità del trasmettersi

(1) Burckhardt, *Die physiologische Diagnostik der Nervenkrankheiten.* Viertes Kap. Leipzig, 1875.

Digitized by Google

degli stimoli lungo il midollo è anatomica, ma in ispecial modo fisiologica; poichè le ricerche di alcuni sperimentatori hanno dimostrato che le impressioni tattili si propagano prevalentemente pei cordoni posteriori del midollo, mentre le dolorifiche percorrono la rete della sostanza grigia. Questi fatti spiegano il ritardo notevole nella velocità degli eccitamenti di dolore, che devono vincere le resistenze delle cellule gangliari, ed il decorso cronologico degli eccitamenti di contatto, i quali nel traversare le fibre dei cordoni posteriori acquistano una velocità quasi eguale a quella stabilita nei nervi periferici.

Per ciò che riguarda la misura della celerità della corrente motrice nel midollo, l'Exner ha instituito delle esperienze, che non sono rigorosamente legittime. Il concetto fondamentale dell'esperimento è questo: data una impressione luminosa, bisogna reagire ora con la mano ed ora col piede dello stesso lato: così nel primo caso il midollo entrerà per breve tratto nella via centrifuga, mentre nel secondo caso sarà percorso dall'eccitazione motrice in tutta la sua lunghezza. Il calcolo dimostra che la celerità conduttrice di movimento è di 11 a 12 metri il secondo, quindi un po' più grande di quella della corrente sensitiva. Le cifre di reazione provano del pari che l'impulso volontario diramatosi dal cervello giunge alle radici del plesso sacrale con un ritardo di 0.0282 sulle radici del plesso nervoso del braccio. Cifre pressocchè analoghe forniscono i risultati del Burckhardt (1).

(1) Burckhardt, l. c. — La velocità della corrente motrice nel midollo oscilla fra 8 e 13.3 metri al secondo, ed è due volte e mezza più tarda della velocità normale periferica.

Digitized by Google

Rifacendo le esperienze da un altro punto di vista, e cioè in modo che una volta l'eccitamento motore potesse correre tutto il centro spinale fino al piede, ed un'altra volta fosse escluso completamente il midollo e stabilita la via centrifuga nel nervo trigemino sino ai muscoli della masticazione, l'Exner avrebbe ottenuto la celerità di 14-15 metri al secondo, che egli crede sia una cifra meno esatta della prima (1).

A parte che nel midollo trattasi di un processo molto complicato, cui partecipano le cellule gangliari delle corna anteriori; a parte dell'immensa difficoltà di rendere costanti le durate degli altri fenomeni, dei quali abbiamo parlato spesse volte, a noi sembra che il diverso modo di reagire con gli arti costituisca nei due tempi una circostanza degna di rilievo. Se nelle regioni destinate agli eccitamenti sensitivi, l'esperienza dimostra che l'esercizio ha una parte assai notevole in rapporto al periodo fisiologico; lo stesso devesi pur supporre intorno ai modi con cui si compie l'atto di reagire. La coordinazione dei movimenti nella mano, specialmente del lato destro, è per abitudine molto più rapida, più sicura ed armonica di quella dei movimenti del piede o della mandibola. Le accurate indagini sul tempo perduto dei muscoli accennano anche all'influenza

(1) In quest'ordine di esperienze è supposto che la lunghezza delle fibre del trigemino, dal nucleo d'origine alle terminazioni nell'apparecchio muscolare, è di 16 centimetri, e per 42 centimetri è valutata l'estensione lineare del midollo. — Il movimento di reazione si compie con la mascella inferiore per mezzo del prolungamento di una piccola leva scrivente tenuta sui denti della mandibola alquanto depressa. Nell'istante in cui è provocata l'impressione luminosa, l'individuo eseguisce un movimento come se volesse mordere e fa rialzare la leva.

Digitized by Google

dell'attività funzionale, la quale, pei moti coordinati, è meno vivace nel piede che nella mano: onde l'atto terminale della reazione non deve stimarsi di egual durata in due organi funzionalmente diversi. E però in linea generale dovremmo anche qui ripetere tutto ciò che fu detto di sopra a proposito dei metodi usati per misurare la velocità della corrente nei nervi sensitivi.

Se teniamo innanzi al pensiero questi fatti, e riflettiamo che la determinazione della celerità nervosa di senso e di moto nelle vie del midollo poggia sopra un raffronto dei tempi fisiologici ottenuti con l'eccitamento degli arti superiori o inferiori e sulle reazioni compiute con la mano o col piede, non sembra essere del tutto infondato il giudizio di taluni, secondo i quali le cifre numeriche già riferite fanno apparire la trasmissione motrice del midollo più lenta di quello che sia in realtà, poichè gran parte del ritardo che si sperimenta adoperando gli arti inferiori viene ascritta alle vie spinali.

Ma prima di procedere alla disamina dei processi psicofisici, conviene aggiungere che il Franck e il Pitres, poggiandosi sul fatto che l'eccitazione elettrica della corteccia cerebrale degli animali, in punti determinati ed in tempi misurabili, provoca contrazioni muscolari degli arti, trovarono un nuovo mezzo per ottenere l'indice della celerità conduttrice di movimento nel midollo (1). Si eccitino in un cane simultaneamente con elettrodi raddoppiati i centri corticali dell'emisfero destro, che presiedono ai movimenti delle due membra del lato

(1) Franck et Pitres, *Recherches graphiques sur les mouvements simples et sur les convulsions provoquées par les excitations du cerveau.* Travaux du laboratoire de Marey. Paris, 1880, p. 413.

Digitized by Google

sinistro: si vedranno tosto due contrazioni successive, poichè quella dell'arto anteriore, attesa la minore lunghezza delle vie nervose che lo separa dal cervello, precede la contrazione muscolare dell'arto posteriore.

Nella Figura 7 sopra la linea *A* e *P* sono descritte le curve di contrazione degli arti, ed in *E* è segnato l'eccitamento. La linea inferiore indica il tempo.

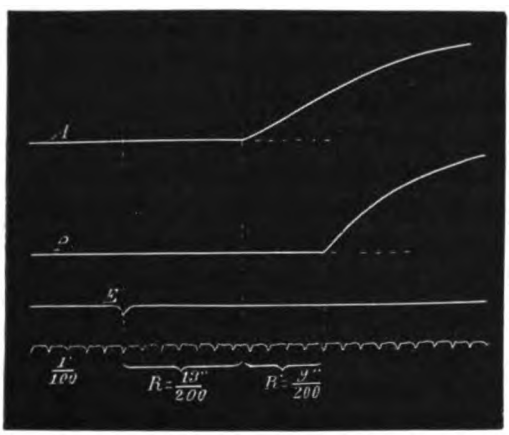


Figura 7.

Si vede subito che il tempo di reazione per l'arto anteriore *A* è 0.065 $\left(\frac{13''}{200}\right)$, e per l'arto posteriore *P* è 0.110 $\left(\frac{13''}{200}+\frac{9''}{200}\right)$. Ma in queste cifre, le quali rappresentano valori composti, conviene far l'analisi e dissociarne i vari elementi. Infatti, la durata della reazione con l'arto anteriore comprende:

a) Il periodo latente muscolare, che è 0.010;

Digitized by Google

ricordo, presupponendo, contro i postulati della esperienza, che tra nervi e midollo vi sia equivalenza di velocità conduttrice. Fa meraviglia pertanto che il Bloch, col suo metodo, assegni al midollo spinale una celerità sensitiva di 194 metri per secondo, cioè una trasmissione molto più celere di quella accordata alle fibre nervose periferiche.

Per l'opposto, secondo l'Exner, la corrente di senso nel midollo impiega 8 metri al secondo, laddove nei nervi si propaga con velocità quasi otto volte maggiore: e queste cifre sono accettate da altri sperimentatori, come l'Obersteiner (1).

Il processo sperimentale dell'Exner, che presenta molta analogia con quello di Schelske pei nervi di senso, trascura le grandi oscillazioni degli intervalli psicofisici, cui devesi attribuire la massima importanza nello studio dell'equazione personale. Infatti, l'Exner determina dapprima il tempo di reazione stimolando con la corrente faradica le dita del piede, ed in esperimenti consecutivi eccitando la mano dello stesso lato. Il segnale nell'uno e nell'altro caso si dà con la mano destra. Così, per esempio, al piede il tempo fisiologico di reazione è 0.1749; alla mano 0.1283. L'estensione del conduttore nervoso nella persona soggetta all'esperimento, che è lo stesso Exner, dal piede sino al rigonfiamento lombare ascende a $1^{m}.30$, e quella dalla mano al rigonfiamento cervicale a 98 centimetri. Ammessa la celerità della corrente nei nervi per 62 metri il secondo, nel primo tratto

(1) Exner, *Experimentelle Untersuchung, etc.* Pflüger's Archiv, Bd. VII, p. 632. — Obersteiner, *Ueber eine neue einfache Methode zur Bestimmung der psychischen Leistungsfähigkeit des Gehirnes Geisteskranker.* Virchow's Archiv, Bd. LIX, p. 434.

Digitized by Google

si perderanno 0.0210, e nel tratto che dalla mano si estende al rigonfiamento cervicale 0.0158. La distanza che passa fra i due rigonfiamenti, misurata sopra un cadavere di eguale altezza, è di circa 33 centimetri: onde, facendo i calcoli opportuni, si otterrà una celerità di propagazione nel midollo di $7^{m}.97$ al secondo.

Queste cifre, cui lo stesso Exner naturalmente non attribuisce un valore assoluto, sarebbero l'espressione adeguata del fenomeno se in tutta la lunghezza del midollo la conduzione avvenisse con celerità uniforme, se l'eccitamento nell'entrata e nell'uscita dal centro spinale non presentasse alcun indugio, oppure se i ritardi indubitabili, derivanti dalla tessitura anatomica del midollo, fossero della stessa durata nelle vie sensorie come lo sono nella via motrice, e se, infine, l'intervallo essenzialmente psicologico prodotto dall'eccitamento di due regioni cutanee diverse si compisse in tempi eguali.

Altre esperienze forniscono risultati differenti. Il Burckhardt, distinguendo la qualità degli eccitamenti, ha trovato che gli stimoli tattili percorrono il midollo più velocemente degli stimoli dolorosi (1). La cifra media della celerità per le impressioni di contatto è $42^{m}.3$, con un massimo di 50 ed un minimo di 27 metri: sicchè, secondo lui, la conduzione sensitiva periferica starebbe a quella spinale come **11.5 : 10.** Per le impressioni dolorifiche la media del midollo è $12^{m}.9$, con un massimo di 18 ed un minimo di 8.3 metri: in questo caso il rapporto tra le conduzioni periferiche e le spinali sarebbe come **3.7 : 1.** La ragione di tali differenze nella velocità del trasmettersi

(1) Burckhardt, *Die physiologische Diagnostik der Nervenkrankheiten.* Viertes Kap. Leipzig, 1875.

Digitized by Google

degli stimoli lungo il midollo è anatomica, ma in ispecial modo fisiologica; poichè le ricerche di alcuni sperimentatori hanno dimostrato che le impressioni tattili si propagano prevalentemente pei cordoni posteriori del midollo, mentre le dolorifiche percorrono la rete della sostanza grigia. Questi fatti spiegano il ritardo notevole nella velocità degli eccitamenti di dolore, che devono vincere le resistenze delle cellule gangliari, ed il decorso cronologico degli eccitamenti di contatto, i quali nel traversare le fibre dei cordoni posteriori acquistano una velocità quasi eguale a quella stabilita nei nervi periferici.

Per ciò che riguarda la misura della celerità della corrente motrice nel midollo, l'Exner ha instituito delle esperienze, che non sono rigorosamente legittime. Il concetto fondamentale dell'esperimento è questo: data una impressione luminosa, bisogna reagire ora con la mano ed ora col piede dello stesso lato: così nel primo caso il midollo entrerà per breve tratto nella via centrifuga, mentre nel secondo caso sarà percorso dall'eccitazione motrice in tutta la sua lunghezza. Il calcolo dimostra che la celerità conduttrice di movimento è di 11 a 12 metri il secondo, quindi un po' più grande di quella della corrente sensitiva. Le cifre di reazione provano del pari che l'impulso volontario diramatosi dal cervello giunge alle radici del plesso sacrale con un ritardo di 0.0282 sulle radici del plesso nervoso del braccio. Cifre pressocchè analoghe forniscono i risultati del Burckhardt (1).

(1) Burckhardt, l. c. — La velocità della corrente motrice nel midollo oscilla fra 8 e 13.3 metri al secondo, ed è due volte e mezza più tarda della velocità normale periferica.

Digitized by Google

Rifacendo le esperienze da un altro punto di vista, e cioè in modo che una volta l'eccitamento motore potesse correre tutto il centro spinale fino al piede, ed un'altra volta fosse escluso completamente il midollo e stabilita la via centrifuga nel nervo trigemino sino ai muscoli della masticazione, l'Exner avrebbe ottenuto la celerità di 14-15 metri al secondo, che egli crede sia una cifra meno esatta della prima (1).

A parte che nel midollo trattasi di un processo molto complicato, cui partecipano le cellule gangliari delle corna anteriori; a parte dell'immensa difficoltà di rendere costanti le durate degli altri fenomeni, dei quali abbiamo parlato spesse volte, a noi sembra che il diverso modo di reagire con gli arti costituisca nei due tempi una circostanza degna di rilievo. Se nelle regioni destinate agli eccitamenti sensitivi, l'esperienza dimostra che l'esercizio ha una parte assai notevole in rapporto al periodo fisiologico; lo stesso devesi pur supporre intorno ai modi con cui si compie l'atto di reagire. La coordinazione dei movimenti nella mano, specialmente del lato destro, è per abitudine molto più rapida, più sicura ed armonica di quella dei movimenti del piede o della mandibola. Le accurate indagini sul tempo perduto dei muscoli accennano anche all'influenza

(1) In quest'ordine di esperienze è supposto che la lunghezza delle fibre del trigemino, dal nucleo d'origine alle terminazioni nell'apparecchio muscolare, è di 16 centimetri, e per 42 centimetri è valutata l'estensione lineare del midollo. — Il movimento di reazione si compie con la mascella inferiore per mezzo del prolungamento di una piccola leva scrivente tenuta sui denti della mandibola alquanto depressa. Nell'istante in cui è provocata l'impressione luminosa, l'individuo eseguisce un movimento come se volesse mordere e fa rialzare la leva.

Digitized by Google

dell'attività funzionale, la quale, pei moti coordinati, è meno vivace nel piede che nella mano: onde l'atto terminale della reazione non deve stimarsi di egual durata in due organi funzionalmente diversi. E però in linea generale dovremmo anche qui ripetere tutto ciò che fu detto di sopra a proposito dei metodi usati per misurare la velocità della corrente nei nervi sensitivi.

Se teniamo innanzi al pensiero questi fatti, e riflettiamo che la determinazione della celerità nervosa di senso e di moto nelle vie del midollo poggia sopra un raffronto dei tempi fisiologici ottenuti con l'eccitamento degli arti superiori o inferiori e sulle reazioni compiute con la mano o col piede, non sembra essere del tutto infondato il giudizio di taluni, secondo i quali le cifre numeriche già riferite fanno apparire la trasmissione motrice del midollo più lenta di quello che sia in realtà, poichè gran parte del ritardo che si sperimenta adoperando gli arti inferiori viene ascritta alle vie spinali.

Ma prima di procedere alla disamina dei processi psicofisici, conviene aggiungere che il Franck e il Pitres, poggiandosi sul fatto che l'eccitazione elettrica della corteccia cerebrale degli animali, in punti determinati ed in tempi misurabili, provoca contrazioni muscolari degli arti, trovarono un nuovo mezzo per ottenere l'indice della celerità conduttrice di movimento nel midollo (1). Si eccitino in un cane simultaneamente con elettrodi raddoppiati i centri corticali dell'emisfero destro, che presiedono ai movimenti delle due membra del lato

(1) Franck et Pitres, *Recherches graphiques sur les mouvements simples et sur les convulsions provoquées par les excitations du cerveau.* Travaux du laboratoire de Marey. Paris, 1880, p. 413.

Digitized by Google

sinistro: si vedranno tosto due contrazioni successive, poichè quella dell'arto anteriore, attesa la minore lunghezza delle vie nervose che lo separa dal cervello, precede la contrazione muscolare dell'arto posteriore.

Nella Figura 7 sopra la linea *A* e *P* sono descritte le curve di contrazione degli arti, ed in *E* è segnato l'eccitamento. La linea inferiore indica il tempo.

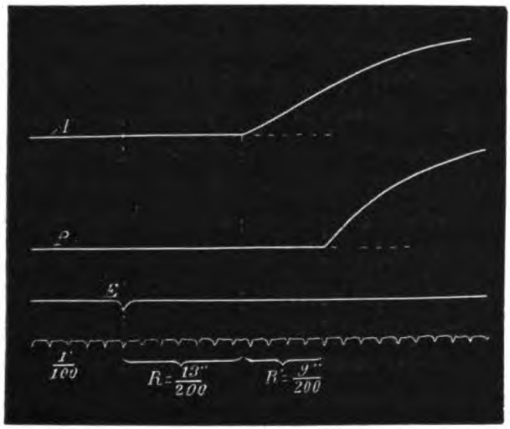


Figura 7.

Si vede subito che il tempo di reazione per l'arto anteriore *A* è 0.065 $\left(\frac{13''}{200}\right)$, e per l'arto posteriore *P* è 0.110 $\left(\frac{13''}{200}+\frac{9''}{200}\right)$. Ma in queste cifre, le quali rappresentano valori composti, conviene far l'analisi e dissociarne i vari elementi. Infatti, la durata della reazione con l'arto anteriore comprende:

a) Il periodo latente muscolare, che è 0.010;

Digitized by Google

b) Il tempo di conducibilità motrice dal rigonfiamento cervico-dorsale del midollo fino al muscolo, che è stimato eguale a 0.010, calcolando la distanza per 20 centimetri e supponendo perciò la velocità a 20 m. il secondo;

c) Il tempo di trasmissione dell'eccitamento dal centro corticale fino al rigonfiamento cervico-dorsale del midollo (26 centimetri), che per eliminazione deve ascendere a 0.045.

Nella durata di reazione con l'arto posteriore sono compresi:

a) Il periodo latente muscolare: 0.010;

b) Il tempo di trasmissione lungo il nervo motore dal rigonfiamento lombare al muscolo (30 c.m.): 0.015;

c) Il tempo necessario alla propagazione dello stimolo dal centro della corteccia cerebrale al rigonfiamento lombare: 0.085.

E siccome per giungere dalla corteccia al rigonfiamento cervico-dorsale l'eccitazione motrice ha impiegato 45 millesimi di secondo, ne segue che nei 40 centimetri di midollo, che separano l'origine del plesso bracciale da quella del nervo sciatico, la celerità dev'essere rappresentata dalla cifra 0.040. Riferendo questo valore numerico alla unità di tempo, si desume che gli eccitamenti cerebrali di movimento percorrono il midollo con la rapidità di 10 metri al secondo (1).

(1) Il CYON ha misurato il tempo di propagazione della corrente motrice nel midollo spinale della rana. Con eccitazioni dirette egli dedusse piccolissimi valori di tempo: 1-3 metri per secondo.

Vedi: CYON, *Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmark*. Bull. de l'Académie de St. Petersbourg, XIX, p. 344, citato dall'ECKHARD, *Physiologie des Rückenmarks, und Gehirns*, p. 142. Leipzig, 1879.

Digitized by Google

VI.

Processi psicofisici del cervello.

Ma il momento più importante del tempo di reazione è fornito dai processi, che si compiono nel cervello. Nella sostanza grigia si percepisce il fenomeno esterno, e da essa si dirama l'impulso motore volontario.

Nessuno, a me sembra, è riuscito ad una disamina profonda degli atti psicofisici come il Wundt, secondo il quale la percezione, l'appercezione e l'eccitamento volitivo, che si traduce col movimento registrante della mano, costituiscono i fattori centrali del tempo fisiologico.

Intendiamoci prima alcun poco sulle parole percezione ed appercezione.

Il Wundt, come è noto, somiglia la coscienza ad una specie di visione interiore. Quando un'impressione esterna entra nel campo visivo della coscienza, designiamo quest'atto col nome di *percezione;* mentre l'ingresso della imagine nel punto di mira dicesi *appercezione.* O, con altre parole, il semplice divenire cosciente di una impressione costituisce la percezione; l'atto di comprenderla per mezzo dell'attenzione costituisce l'appercezione (1).

Ora questi tre processi mediani, la percezione, l'appercezione e lo sviluppo dell'impulso volitivo sono psicofisici, in quanto che hanno un lato psicologico ed un lato fisio-

(1) Sul concetto scientifico dell'appercezione, vedi: Staude, *Der Begriff der Apperception in der neueren Psychologie.* Philosophische Studien herausgeg. von Wundt. Erster Band, 2 H., pag. 149, Leipzig, 1882.

Digitized by Google

logico. Infatti, la percezione è data dall'eccitamento delle superfici sensorie centrali: un'impressione, che operi con forza sufficiente sui centri di senso, entra per questo fatto nel campo generale della coscienza. È necessaria intanto un'attività speciale, che sentiamo internamente, per rivolgere all'eccitamento già penetrato nella coscienza la nostra attenzione: ciò che distingue l'atto percettivo dall'appercettivo (1). Quindi per durata della percezione bisogna intendere il tempo fisiologico che lo stimolo impiega per eccitare i centri di senso ed il tempo psicologico concomitante per tradurre l'impressione nel campo visivo cosciente.

Nello stesso modo avviene rispetto a quello che diciamo tempo volitivo; poichè è un'ipotesi molto improbabile credere il tempo volitivo un atto psichico particolare, che sarebbe compiuto prima dell'eccitamento fisiologico dei centri motori. L'osservazione introspettiva ci dà questi due avvenimenti come simultanei. Così l'eccitamento dei centri sensitivi e la percezione, l'eccitamento dei centri motori e la volizione costituiscono due momenti psicofisici; ed a questo carattere partecipa l'appercezione.

(1) Il Sergi (*Teoria fisiologica della percezione*, p. 214. Milano, 1881) è d'avviso che nel caso del semplice periodo fisiologico non esista un processo ben definito e netto per l'ingresso dell'eccitamento esterno nel campo generale e nel punto di mira della coscienza, ossia fra percezione ed appercezione. Ciò potrebbe avvenire nel caso che vi fosse un atto percettivo ancora indistinto e indeterminato, che poi passa allo stato distinto e determinato.

Mi sia lecito aggiungere che nel nostro linguaggio scientifico manca la parola « appercezione, » e nella comune terminologia psicologica corrono frasi e vocaboli, cui non da tutti si attribuisce il medesimo significato. Per evitare degli equivoci dirò che talvolta adoperando la frase « percezione di uno stimolo » intendo ad essa dare lo stesso valore che dà il Wundt alla « appercezione. »

Digitized by Google

È indubitabile che il processo appercettivo, specialmente quando l'attenzione è massima, viene sempre accompagnato da un sentimento di tensione e di sforzo, che sta ad indicare un sustrato fisiologico. Questo sentimento è tanto più vivace, quanto più si concentra il punto visivo della coscienza, ed è evidentissimo nei casi in cui con l'attenzione si va incontro ad uno stimolo aspettato. Il Fechner ed anche il Maudsley rilevano che nell'attendere agli eccitamenti esterni avvertiamo una tensione negli organi di senso corrispondenti, cioè nell'occhio per le eccitazioni visive e nell'orecchio per le acustiche (1). In questi casi, col sentimento dell'attenzione, si accompagnano delle reali tensioni dei muscoli, le quali, nel mentre ravvivano l'attenzione, palesano la loro origine, che è un eccitamento motore contemporaneo. Ed è per riguardo a siffatte eccitazioni di moto concomitanti che il Ferrier considera l'attenzione come un'attività motrice, circoscritta a speciali centri, i quali, quando siano stimolati, per esempio nel cane e nella scimmia, producono movimenti caratteristici per l'espressione mimica dell'attenzione (2). Se non che, a giudizio del Wundt, per

(1) Fechner, *Elemente der Psychophysik*, Bd. II, p. 475. Leipzig, 1860. — Maudsley, *Physiologie de l'esprit*, p. 298. Paris, 1879.

(2) Ferrier, *Les fonctions du cerceau*. Cap. XI, p. 409. Paris, 1878. Durante il tempo di un'ideazione molto concentrata noi sopprimiamo i movimenti attuali e manteniamo in uno stato di tensione più o meno forte i centri del movimento o dei movimenti, ai quali sono uniti i diversi fattori sensitivi dell'ideazione. Reprimendo la tendenza che hanno i movimenti attuali a diffondersi esternamente, accresciamo la diffusione interna e concentriamo la coscienza, poichè il grado di coscienza è inversamente proporzionale alla quantità di diffusione esterna attiva.

Digitized by Google

quanto siano frequenti le manifestazioni motrici, la base fisiologica essenziale del processo di appercezione deve anzitutto cercarsi nel dominio del senso. Gli eccitamenti motori, i quali conducono a movimenti adattati degli órgani di senso, sarebbero soltanto fattori associati all'appercezione (1). Un eccitamento esterno ha per effetto immediato una rappresentazione od un'imagine, la quale sta fuori il punto di mira della coscienza. Dal centro sensorio l'eccitamento è trasportato contemporaneamente nel campo dell'attivitá appercettiva, donde per doppia via può essere restituito ai centri di senso, rinforzandovi la rappresentazione formata, e al dominio dell'apparecchio muscolare volontario, per cui nascono quelle speciali tensioni, che concorrono a formare ed a corroborare il sentimento dell'attenzione in virtù di una legge psicologica che governa i fenomeni mentali associati.

Interrogando, con la guida del Wundt, il meccanismo psichico del tempo fisiologico, rileveremo principalmente che l'attenzione, dalla cui forza dipende il valore dell'atto che misuriamo coi nostri strumenti, ha bisogno anzitutto di un certo tempo di adattamento per innalzare le impressioni dal campo generale al punto di mira della coscienza. Oppure, se vuolsi studiare il fenomeno da un altro lato, ogni impressione fa trascorrere un intervallo di tempo, per quanto si voglia brevissimo, prima di entrare nel punto visivo.

Un esempio chiarirà il fenomeno. Suppongasi che nel nostro occhio agisca uno stimolo ottico debole e quasi istantaneo: un disegno illuminato da una scintilla elettrica.

(1) Wundt, *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, Bd. I, pagina 218.

Digitized by Google

A prima giunta l'imagine percettiva prodotta dall'oggetto luminoso sarà vaga, indecisa, indistinta; ma ripetendosi l'eccitamento esterno, la rappresentazione già fissata nella memoria diventerà più chiara, ed i suoi profili non ben delineati acquisteranno infine la massima lucidità. Poco alla volta, l'imagine mnemonica visiva si fa completa penetrando nel punto di mira della coscienza: ciò richiede un dato intervallo, durante il quale si avverte internamente il sentimento dell'attendere, che mano mano si va adattando alla impressione esteriore. Ma quando gli stimoli di senso siano conosciuti per uno dei loro elementi, onde si compongono, un tale adattamento in certo modo può preesistere. Così l'intervallo tra la percezione e l'appercezione si accorcia più o meno nel caso in cui gli stimoli sono determinati rispetto alla loro natura, e talvolta diminuisce tanto da ridursi a zero, od anche da assumere la forma negativa: il che succede se prima abbiasi conoscenza del momento in cui deve agire lo stimolo.

La ragione di questo singolare fenomeno è facile a comprendersi. In queste esperienze l'attenzione è fortemente tesa ed è adattata allo stimolo in tal guisa che sparisce il vero tempo psichico e restano solamente i tempi del conducimento fisiologico, i quali alla loro volta possono essere nulli, e ciò quando l'impressione è appercepita prima che realmente avvenga.

Nell'atto psichico elementare, che è il semplice tempo di reazione, le condizioni sono foggiate in modo che, compiuta l'appercezione, debba aver luogo nello stesso tempo un eccitamento volitivo, il quale si traduce obiettivamente con un determinato moto muscolare, che d'ordinario si compie con la mano destra. In tal caso non esiste un

Digitized by Google

tempo volitivo speciale: lo sviluppo dell'impulso della volontà coincide con l'appercezione. Tostochè una impressione fatta sopra un organo di senso è appercepita, nello stesso tempo o dopo un intervallo fugacissimo viene anche registrata. La qual cosa è spiegabile con l'ipotesi che lo sforzo dell'attenzione consista in un processo d'innervazione, che contemporaneamente costituisce una crescente energia volitiva. Quindi il tempo volitivo nei semplici periodi fisiologici, come quelli da noi studiati, si confonde con l'appercezione. Talvolta, è vero, avvertiamo subiettivamente e con molta chiarezza l'appercezione e il movimento volontario come due atti successivi: ciò avviene se gli stimoli esteriori si avvicinino al limite minimo o alla soglia di eccitamento, cui corrisponderebbero le più piccole sensazioni avvertibili. Ma se lo stimolo oltrepassa la soglia di eccitamento acquistando una certa intensità, e l'energia dell'attenzione è notevolmente tesa, allora nel medesimo istante si appercepisce lo stimolo e si registra. Però è necessario che il movimento volontario di reazione sia determinato prima ed esercitato con sicurezza meccanica; poichè l'esercizio abbrevia, anzi fa scomparire del tutto, l'intervallo che passa fra l'appercezione della rappresentazione del movimento volontario e il compimento di esso.

Una prova, che conferma l'istantaneità dell'impulso motore, è fornita dal fenomeno speciale che qualche volta, concentrando vivamente l'attenzione ad uno stimolo che deve prodursi, si registra in cambio di quello un'impressione appartenente a dominio sensorio diverso, una scintilla elettrica invece di un suono, avendo coscienza dello errore anche nel medesimo tempo della reazione.

Digitized by Google

La genesi del fenomeno non è oscura: l'energia della attenzione, che va incontro allo stimolo aspettato, è così viva che la tensione motrice dei centri nervosi già preparata scoppia al minimo urto in un reale eccitamento. Anche quando, com'è dimostrato dall'esperienza, si allunghi la durata dell'appercezione, rendendo incognita la specie dello stimolo esteriore, il tempo volitivo è nullo o quasi: infatti, sebbene la tensione motrice si divida fra le diverse regioni sensorie per sorprendervi lo stimolo (e da questo smembramento nasce un senso speciale d'inquietudine), tuttavia nello stesso tempo va acquistando il grado bastevole di energia preparatrice, ed il tempo volitivo, compiuta l'appercezione, coincide con essa. Per potere misurare la durata dell'eccitamento volitivo bisogna rendere più complesse le condizioni di esperimento, provocando cioè un atto di scelta; della qual cosa ci occuperemo in un altro capitolo.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO IV

IL TEMPO DI REAZIONE AI VARI STIMOLI DI SENSO.

Dopo l'analisi dei fattori del processo psichico, cerchiamo di studiare nelle sue cifre il tempo fisiologico di reazione pei vari sensi.

Ed anzitutto cominciamo dai sensi più alti.

Dato uno stimolo visivo, acustico o tattile, di media intensità, bisogna reagire con un movimento volontario appena è percepito.

La durata di quest'atto semplicissimo varia, com'è naturale, con gli individui, ma, quel che è più, è diversa secondo i sensi stimolati.

Il quadro seguente, nel quale si accolgono le esperienze di vari osservatori, ne dà un'idea chiarissima:

Digitized by Google

Tempo fisiologico per le eccitazioni (1)

Osservatori	Ottiche	Acustiche	Tattili
Hirsch	0.200	0.149	0.182
Hankel	0.2057	0.1505	0.1546
Donders	0.188	0.180	0.154
Wittich	0.194	0.182	0.130
Wundt	0.222	0.167	0.201
Exner	0.150	0.136	0.127
Kries	0.193	0.120	0.117
Auerbach	0.191	0.122	0.146

A questi aggiungo i tempi di reazione ottenuti da me in

(1) Le esperienze sulla visione sono fatte con la scintilla elettrica, quelle sull'udito con un rumore qualsiasi o col suono di un campanello, e le tattili con la corrente elettrica in diversi punti della superficie cutanea, come la mano, la nuca, la fronte.

La cifra 0.2057, che ho riprodotto dall'Hankel, rappresenta il tempo per la visione di una striscia di cielo limpido. Facendo uso di meccanismi cronometrici assai complicati, l'Hankel costruì per le esperienze ottiche un apparecchio, nel quale per l'abbassamento istantaneo di una leva scoprivasi un'apertura rivolta verso il cielo: quest'abbassamento valeva a chiudere un circuito elettrico. Il foro era coperto da uno schermaglio oscuro, e l'osservatore, che era lo stesso Hankel, stava alla distanza di alcuni piedi, pronto a premere sopra un tasto ed a chiudere un altro circuito appena percepiva la striscia luminosa.

Si potrebbe obbiettare, soggiunge l'Hankel, che queste esperienze non sono paragonabili con le acustiche (rumore della caduta di un martello), perchè l'impressione luminosa del cielo non era molto intensa, sebbene apparisse assai viva sul fondo nero dello schermaglio che circondava il foro. Nell'usare quindi come stimolo visivo la scintilla di un apparecchio d'induzione, l'Hankel ottenne in due serie di esperienze i valori medi 0.2268 e 0.2417. In questo

Digitized by Google

alcune persone abituate alle esperienze per lungo esercizio:

I.	0.168	0.115	0.141
II.	0.151	0.119	0.129
III.	0.172	0.131	0.152

La lettura delle cifre raccolte nel prospetto forse a prima giunta ci spingerebbe a concludere sulla maggiore brevità di percezione di alcuni eccitamenti rispetto ad altri, a giudicare che avvertiamo più prontamente un suono od una

caso l'imagine retinica della scintilla è percepita più tardi della imagine del pezzo di cielo a causa della maggiore estensione che possiede quest'ultima? Non sapendo quale risposta si converrebbe a questa dimanda, ricordiamo che il MENDENHALL per la vista di un pezzo di carta bianca ha trovato invece un tempo eguale a 0 292, mentre una scintilla elettrica è percepita in 0.203. (Vedi: MENDENHALL, *Time required to communicate impressions tho the sensorium and the reverse.* American journal of. scienc. and arts, II, 1871).

Gli stimoli tattili usati dall'HANKEL consistevano nella pressione che esercitava una palla metallica cadendo sopra una lastra di platino fissata sull'avambraccio destro del soggetto di esperienza, il quale reagiva con la mano dello stesso arto.

(HANKEL, *Ueber einen Apparat zur Messung sehr kleiner Zeiträume.* Annalen der Physik und Chemie herausgeg. von Poggendorf, Bd. 132, 1867, p. 134).

Le cifre delle esperienze ottiche di KRIES e AUERBACH sono ricavate dalle ricerche monoculari sulla scintilla elettrica.

Nel guardare invece con ambedue gli occhi in una nuova serie di esperienze, le semplici reazioni fornirono dei valori più piccoli, cioè per KRIES 0.167 e per AUERBACH 0.187.

Se questa differenza, come soggiungono gli autori, è accidentale o si riferisce alla binocularità degli esperimenti, non si può decidere con certezza. È probabile che con due occhi e con fenomeni luminosi doppiamente veduti, si reagisca, caeteris paribus, più presto; ma per risolvere il problema occorre un materiale più grande di quello raccolto dagli autori.

Digitized by Google

scossa elettrica che un oggetto luminoso. Ma anzitutto bisogna pensare che l'intensità fisiologica dei vari stimoli di senso, la loro capacità d'azione, come si esprime il Wundt, non è identica. Noi non possediamo alcuna misura obiettiva per istituire un paragone tra l'intensità d'una scintilla elettrica e quella di un suono o di una corrente faradica, che rappresentano eccitazioni di natura diversa. Quindi è molto probabile che la causa produttrice delle differenze nelle cifre numeriche di reazione sia riposta nel dissimile grado di forza dei vari eccitamenti specifici. Infatti riducendo ciascuno di questi eccitamenti al valore del limine, cioè a dire a quel punto in cui sul dominio dei tre organi di senso vien provocato il minimum percettibile, si osserva che il tempo fisiologico di reazione è quasi eguale pel tatto, per la vista e per l'udito.

Così il Wundt, adoperando stimoli di tal natura, ottenne delle cifre, alla cui grandezza partecipano pure le variazioni od errori medi di ogni singola serie di esperienze (1):

	Tempo di reazione	Variazioni medie
Suono	0.337	± 0.0501
Luce	0.331	± 0.0577
Tatto	0.327	± 0.0324

Ma v'ha ancora di più.

Per ispiegare le ragioni che producono questa diversa

(1) La variazione media di una serie, detta anche dall'Jherino « esponente di oscillazione, » si ottiene sottraendo da ogni singolo termine della serie la media aritmetica, che si prende come tipo, e componendo una nuova media con la somma di queste differenze calcolate positivamente.

Noi possiamo servirci di una formula matematica: sia V la va-

Digitized by Google

durata nei periodi fisiologici relativi ai vari sensi, vi concorre, a me pare, notevolmente, l'indole speciale dell'organo periferico, la cui massima importanza nella formazione dei processi psichici apparirà con manifesta chiarezza nelle pagine di questo libro. Per fermo gli stimoli di senso sono forme di movimento, che, operando sugli apparecchi terminali, si trasformano in quello che dicesi eccitamento fisiologico, il quale va a costituire la sensazione. Ora la trasformazione dell'attività fisica stimolatrice in attività fisiologica eccitatrice sembra non avvenga nello stesso modo, e forse il decorso cronologico della sensazione dipenderà dal perchè in alcuni organi si compie un processo meccanico ed in altri un processo chimico. Così la fine analisi scientifica riesce a distinguere due classi principali di sensazioni, quella dei sensi meccanici (senso di pressione e dell'udito), in cui l'eccitamento fisiologico è una semplice modificazione del movimento meccanico esterno, e quella dei sensi chimici (senso di temperatura, del gusto, dell'odorato, della vista), nei quali manca una corrispondenza diretta tra la forma dello stimolo fisico e la forma dello stimolo fisiologico. Gli apparecchi terminali nei sensi meccanici sono siffattamente foggiati che il movimento

riazione media che si cerca, M la media delle esperienze a, b, c, d . . . . il cui numero è n, allora

$$V = \frac{(M - a) + (M - b) + (M - c) \ldots .}{n}$$

Nell'equazione le singole differenze vanno considerate in senso positivo.

È naturale che più la variazione o l'errore sarà piccolo, e più aumenteranno le probabilità di trovarsi di fronte ad una serie omogenea.

Digitized by Google

esteriore possa trasferirsi in forma quasi inalterata sui nervi corrispondenti; mentre nei sensi chimici ha luogo una trasformazione chimica molecolare: o meglio, nei sensi meccanici il processo delle fibre nervose si avvicina molto dippiù al processo eccitativo esterno che nei sensi chimici, dove la forma dell'eccitamento dipende dalla incognita costituzione molecolare degli organi terminali (1). Se la sostanza nervosa sia identica, e solo i mutamenti chimici derivino dalla natura speciale degli agenti esterni; o se invece, secondo l'ipotesi dell'Hering, esistano diverse sostanze sensorie, le quali trasformandosi generino le sensazioni acustiche, visive, termiche, tattili, ecc., è un problema ancora da risolversi. Inoltre non sappiamo se la celerità nelle fibre dei diversi nervi abbia caratteri specifici. Infine, nella stessa costituzione degli organi è vario il decorso cronologico degli eccitamenti, o, come dice l'Exner, degli impulsi sensorii. L'esperienza, infatti, dimostra che una sensazione visiva raggiunge il suo maximum dopo un certo intervallo, ossia che la formazione completa di un'imagine luminosa ha bisogno di un dato tempo (2). Lo stesso dicasi per le sensazioni di tono (3).

(1) Wundt, Op. cit. Bd. I. Zw. Absch.

Si noti che le parole « meccanico » e « chimico » non esprimono una differenza essenziale, poiché i processi chimici non sarebbero altro che modalità di movimento.

Per l'organo visivo, dopo le grandi scoperte contemporanee del Boll e del Kühne, è certo che la funzione fisiologica ha la sua base nelle modificazioni chimiche.

(2) Fick, *Ueber den zeitlichen Verlauf der Erregung in der Netzhaut.* Archiv f. Anatomie und Physiologie, 1864, p. 739.

Kunkel, *Ueber die Abhängigkeit der Farbenempfindung von der Zeit.* Pflüger's Archiv, Bd. IX, p. 197.

(3) Exner, *Zur Lehre von der Gehörsempfindungen.* Pflüger's Archiv, Bd. XIII, p. 228.

Digitized by Google

Invece quelle provocate dai rumori e dal contatto della pelle non presentano nel formarsi questa curva cronologica ascendente.

La genesi del fenomeno riposa tutta quanta sulla natura degli apparati periferici del nervo ottico ed acustico. E la prova più evidente, meglio che dall'esame di organi disparati, è fornita dal confronto del tempo fisiologico di una sensazione di tono con quella di una sensazione di semplice rumore: il primo ha una durata più lunga del secondo, essendo necessarie alla produzione del corrispondente atto percettivo una tal quantità di oscillazioni fino a che le parti convibranti dell'orecchio interno raggiungano quelle escursioni bastevoli per eccitare il nervo; mentre quando lo stimolo è il semplice rumore, una semplice impressione acustica, la sensazione si origina senza intervalli (1).

Ponendo mente a tutti questi fatti sembra molto probabile che il ritardo, variabile secondo l'organo di senso, nel segnale della reazione motrice agli eccitamenti in genere della vista, del tatto e dell'udito, dipenda anzitutto dalla diversa intensità e natura delle cause stimolatrici este-

(1) Si paragonino i tempi ottenuti dal Kries e dall'Auerbach con le sensazioni di semplice rumore e di tono. Il rumore è prodotto dallo scoppio di una scintilla elettrica:

	Scintilla elettrica	Tono alto	Tono medio	Tono basso
I.	0.132	0.142	0.151	0.157
II.	0.129	0.139	0.157	0.158

Si osserva chiaramente che il tempo di reazione diminuisce con l'altezza crescente del tono, ed è piccolissimo quando l'eccitazione è provocata dal rumore della scintilla.

Digitized by Google

riori, e dalla costituzione propria degli apparecchi di senso, cui da noi è attribuita una grande importanza nella genesi dei processi psichici (1).

Cotali considerazioni valgono anche, e forse risaltano con maggiore efficacia, nella durata percettiva degli stimoli del gusto e dell'odorato, di cui finora non abbiamo discorso. Quivi, più che negli altri sensi, la natura particolare dell'organo terminale spiegherà, come vedremo, il decorso cronologico del periodo di reazione.

Al Wittich e al Grünhagen devonsi i primi esperimenti sulla durata delle sensazioni gustative; ma si noti che il Wittich non faceva uso di sostanze atte ad eccitare le papille linguali col solito processo fisiologico della funzione del gusto, sibbene del sapore acido che produce la corrente elettrica quando sia applicata sulla base della lingua; e da un numero di 40 osservazioni dedusse il valore medio di 0.167.

A me sembra che le cifre ottenute con questo metodo non rappresentino la durata della vera sensazione gustativa, poichè lo stimolo elettrico non è adeguato; e senza lunghi ragionamenti potrei dimostrarlo col fatto che, ripe-

(1) Per ispiegare la brevità della durata delle reazioni tattili si può anche, come osserva il Kraepelin, tener conto del modo con cui si formano le rappresentazioni motrici. Egli è certo che gli elementi della rappresentazione mentale del movimento ci sono forniti in non poca copia dal senso tattile. Un tal fatto, se ben si consideri, potrebbe indicare che esiste un intimo rapporto centrale fra le sensazioni tattili e le rappresentazioni motrici, e quindi un rapido decorso delle onde eccitatrici fra i centri di senso e di movimento correlativi. (Kraepelin, *Ueber die Dauer einfacher psychischer Vorgänge*, p. 15).

Digitized by Google

tendo le esperienze ora con la corrente ed ora con una soluzione acida di analogo sapore, ho trovato che l'impressione gustativa « elettrica » è percepita in un intervallo di tempo variabile fra 0.160 e 0.230, mentre il sapore vero e proprio della sostanza impiega un intervallo che supera il primo quasi del doppio.

Le ricerche più complete nella letteratura scientifica moderna sono quelle del Vintschgau e dell'Hönigschmied, che sperimentarono sulla punta e sulla base della lingua applicando con un pennello sostanze sapide diverse, cioè soluzioni di cloruro sodico, di zucchero, di acido fosforico e di bisolfato di chinina (1). L'individuo appena percepisce la prima traccia di sapore dà con un movimento il segnale di reazione.

Le esperienze sull'apice della lingua furono fatte in tre persone, determinando anche la durata della percezione del semplice contatto col pennello: in un solo individuo lo stimolo gustativo fu applicato sulla base dell'organo.

		I.	II.	III.
PUNTA della LINGUA	Contatto	0.1507	0.1251	0.1742
	Cloruro sodico	0.1598	0.597	—
	Zucchero	0.1639	0.752	0.3502
	Acido	0.1676	—	—
	Chinina	0 2196	0.993	—

		II.
BASE della LINGUA	Contatto	0.1409
	Cloruro sodico	0 543
	Zucchero	0.552
	Chinina	0.502

(1) VINTSCHGAU u. HÖNIGSCHMIED, *Versuche über die Reactionszeit einer Geschmacksempfindung*. Pflüger's Archiv, I. II. III. Th., Bd. X, XII, XIV.

VINTSCHGAU, *Physiologie des Geschmackssinns*, nell'Handbuch di HERMANN, III Bd. Zweiter Theil, p. 204. Leipzig, 1880.

Digitized by Google

Risulta da cotesti esperimenti che il semplice contatto del pennello sì all'apice che alla base della lingua è avvertito prima di qualsiasi impressione gustativa. I tempi fisiologici variano poi moltissimo secondo gli individui, e nella stessa persona secondo la sostanza adoperata; sempre però è più lungo il periodo di reazione all'eccitamento amaro. Ma sulla base dell'organo i tre sapori non dimostrano differenze notevoli di durata e sono percepiti più presto che non quando lo stimolo sia applicato sulla punta.

Noi non siamo in grado di risolvere di un modo definitivo per quale causa avvengano queste variazioni di tempo nei due segmenti dell'organo rispetto alla percezione delle varie sostanze; come d'altra parte commetteremmo un grave errore se dalle differenze cronologiche, che trascorrono fra le reazioni di semplice contatto e quelle proprie delle sostanze sapide, volessimo stabilire l'intervallo che fu necessario al cloruro sodico, al chinino e agli altri corpi per diffondersi ed eccitare le papille linguali. Il tempo di diffusione calcolato in tal guisa nei tre individui darebbe, ad esempio, per lo zucchero valori enormemente dissimili come 0.013; 0.627; 0.177.

Per riguardo alla durata delle sensazioni olfattive, nessuno dei psicofisiologi moderni ha fatto delle esperienze, e le prime comparse in questi ultimi tempi sono le mie (1). Pure fa meraviglia che il Bidder, quarant'anni or sono, quando ancora non si parlava di misura dei processi psi-

(1) Buccola, *Sulla durata delle percezioni olfattive. Nota di psicologia sperimentale.* Archivio italiano per le malattie nervose, fasc. VI, novembre e dicembre 1882, p. 416; e *Rivista di filosofia scientifica,* anno II, N. 4, p. 453.

Digitized by Google

chici, potè scrivere che l'intervallo bastevole alla chiara percezione di una sostanza odorifera è molto più lungo di quello necessario a percepire uno stimolo luminoso od acustico; poichè mentre in quest'ultimo caso la durata può raggiungere 1|9 di secondo, nel primo invece occorrerebbero parecchi secondi.

Certamente l'ipotesi del Bidder era fondata sulla conoscenza della struttura e della funzione degli organi di senso, cioè sopra dati anatomici e fisiologici; ma il valore numerico che assegnava ai tempi di percezione è molto lontano dal vero. Il massimo ostacolo in questo genere di ricerche è quello di segnare il momento in cui lo stimolo odoroso agisce sull'organo sensorio; ed una siffatta difficoltà tecnica è stata da me superata usando l'eccitatore già descritto in un capitolo precedente.

Le esperienze furono fatte sopra diverse persone con tre odori diversi per qualità e per intensità, cioè l'acqua di Felsina, l'essenza di garofano e l'etere solforico.

Cominciai anche a sperimentare col muschio e con la ammoniaca, ma dovetti accorgermi che era meglio fermarmi alle prime sostanze, perchè il muschio per la sua estrema diffusibilità impedisce ogni ulteriore ricerca, e l'ammoniaca eccita prevalentemente, per non dire in modo esclusivo, i nervi della sensibilità generale.

Ricorderò per sommi capi che ho trovato in primo luogo molta variabilità nei singoli individui ai tre eccitamenti; ed è questo un carattere che le reazioni agli stimoli olfattivi hanno di comune con le reazioni di gusto. Nella durata degli altri processi psichici elementari si avvera lo stesso fenomeno, ma in proporzioni assai minori. In secondo luogo, le oscillazioni numeriche degli esperimenti

Digitized by Google

di ogni singola serie per un determinato odore sono notevolissime e superano di gran lunga quelle che pur si verificano nelle congeneri esperienze acustiche, visive e tattili.

Pertanto mi è sembrato molto più esatto prendere non solo la media aritmetica, come si usa comunemente, ma aggruppare le esperienze in modo che, oltre alle cifre massime e minime di reazione, vengano segnati i confini, entro i quali è compreso il maggior numero delle prove: ciò che con vocabolo appropriato dicesi « gruppo tipico della disposizione seriale » (1).

Raccolgo nel seguente prospetto alcune serie di esperienze:

SOSTANZE ODOROSE		B	T	C	M	L
Acqua	*Media*	*0.393*	*0.412*	*0.410*	*0.681*	
di	Minima	0.314	0.349	0.312	0.537	—
Felsina	Massima	0.516	0 592	0 583	0.865	
	Gruppo tipico:					
	(0.320-0 450)		(0.375-0.475)	(0.375-0.435)	(0 610-0.740)	
Essenza	*Media*	*0.412*	*0.417*	*0.374*	*0.509*	*0.289*
di	Minima	0 304	0.327	0.258	0.410	0 193
Garofano	Massima	0.509	0.732	0.471	0.678	0.417
	Gruppo tipico:					
	(0.310-0.450)		(0.400-0.490)	(0.345-0.420)	(0.460-0.530)	(0.220-0.320)
	Media	*0.236*	*0 334*	*0.234*		
Etere	Minima	0.166	0.288	0.187	—	—
	Massima	0.337	0.405	0.293		
	Gruppo tipico:					
	(0 180-0.280)		(0.300-0.335)	(0.220-0 255)		

(1) MORSELLI, *Critica e riforma del metodo in antropologia fondate sulle leggi statistiche e biologiche dei valori seriali e sullo esperimento*. Roma, 1880, pag. 78 e segg.

Digitized by Google

A dir vero, attesa la squisita acutezza dell'olfatto, per la quale si è capaci di percepire l'odore perfino di 2 milionesimi di milligramma di muschio, parrebbe che le sensazioni dell'odorato non dovessero svolgersi in un decorso cronologico così lungo. E certo che la sensibilità olfattiva sorpassa quella degli altri sensi, e vince anche, come nota il Bernstein, la stessa analisi spettrale, che ci disvela parti infinitamente piccole di materia. Eppure le condizioni dell'organo dell'odorato sono tali che la sensazione, anche provocata da intensi eccitamenti, si compie in un tempo più alto di quello che richiedono, tranne il gusto, le altre sensazioni specifiche.

Qui conviene riflettere che il problema dell'acutezza di una funzione sensoria è diverso dal problema che riguarda la durata della percezione correlativa. L'occhio, ad esempio, discerne due oggetti ad una distanza retinica così minima che l'acutezza visiva sorpasserebbe dippiù di duecento volte quella del tatto, il quale, come è noto, al massimo può dissociare gli oggetti ad un millimetro sull'apice della lingua. Nondimeno il periodo fisiologico pel tatto è più breve del tempo visivo, anche quando l'eccitamento tocchi il valore del limine.

Noi adunque, ammettendo che il meccanismo della percezione olfattiva consista essenzialmente in un cangiamento chimico, cui si accompagnano fenomeni meccanici dovuti alla corrente d'aria che circola nell'organo di senso, spieghiamo l'altezza delle cifre di reazione pel fatto che le particelle odorifere, come le sostanze sapide, hanno bisogno di un certo intervallo per diffondersi ed eccitare le diramazioni nervose; poichè la speciale struttura anatomica degli organi dell'odorato e del gusto è tale che

Digitized by Google

l'eccitamento esterno non può agire nell'istante in cui si produce. Sotto questo punto di vista le impressioni odorose e sapide sono alquanto diverse da quelle degli altri sensi specifici; e nelle papille linguali e nelle cellule olfattive il periodo sensorio latente deve avere una durata comparativamente molto più alta.

Ma oltre a ciò v'è un elemento esterno alla percezione olfattiva, che merita ricordo speciale. Le sostanze, che percepiamo con l'olfatto, debbono essere in forma gassosa trasportate meccanicamente con l'aria respirata fino alla mucosa nasale, e bisogna pure che l'aria, la quale è il veicolo della sensazione, sia in movimento. Quindi è di suprema importanza nell'intervallo delle singole esperienze conoscere in quale fase si trovi il respiro delle persone soggette alla prova. Nel momento di un'inspirazione energica, acquistando la corrente d'aria, una certa forza, la percezione è molto più rapida che non quando l'atto inspiratorio è compiuto con calma, ed è debolissima e tarda nella pausa. Ed infatti tutte le cifre massime, ed alcune altre non riferite, devonsi prevalentemente alle speciali condizioni di respiro, in cui era l'individuo nel periodo dell'eccitamento.

Per via di esperienze compiute sopra di me stesso, ho potuto dimostrare l'influenza respiratoria, di cui parliamo. Facendo nel medesimo tempo da soggetto di esperimento e da osservatore, producevo lo stimolo olfattivo (acqua di Felsina) nell'istante dell'inspirazione, che era calma e regolare. Il segnale era da me dato dopo che avevo percepito l'odore con la massima chiarezza: onde trattandosi di stimoli aspettati, la durata della reazione, come vedremo in seguito, si fa minore; ma la regolarità quasi sempre

Digitized by Google

costante degli atti respiratori ha permesso che le cifre oscillassero entro confini molto ristretti. In prova di ciò riproduco nella sua integrità una serie di esperienze, le quali devono mettersi in confronto con quelle segnate di sopra con la lettera *B:*

0.305	0.371	0.349
0.302	0.384	0.329
0.332	0.342	0.328
0.351	0.324	0.325
0.312	0.290	0.292
0 331	0 332	0.330
		0.301

La media aritmetica è 0.328, e la massima parte dei valori, ad eccezione di pochissime cifre, è compresa fra 0.301 e 0.351, mentre il gruppo tipico della serie nelle ricerche precedenti sullo stesso odore abbraccia un'estensione numerica di gran lunga superiore.

E ritornando sul tempo di reazione alle varie sostanze odorifere, il lettore avrà potuto osservare il risultato concorde delle esperienze, cioè che l'etere nei diversi individui è percepito prima degli altri due odori: la qual cosa conviene riferire alla sua maggiore intensità eccitatrice. Non solo è più piccola la media generale, ma le cifre minime hanno un valore numerico più basso, ed i gruppi tipici delle serie, relativamente ai congeneri delle esperienze con gli altri odori, circoscrivono delle cifre molto più vicine fra di esse (1).

(1) Avevo già pubblicate queste indagini fin dal dicembre 1882, quando nel rivedere le prove di stampa mi è data occasione di leggere due articoli, l'uno del Prof. Beaunis e l'altro del Moldenhauer sullo stesso argomento. Il Beaunis, il quale comunicò le sue ricerche alla « Académie des sciences » nella seduta del 5 febbraio 1883, riconosce esplicitamente la priorità delle mie esperienze.

Digitized by Google

Ecco, per sommi capi, quello che noi sappiamo sulla durata delle varie percezioni elementari.

I metodi dei due esperimentatori sono diversi dal mio: si fondano sull'azione che una corrente d'aria esercita in un vaso qualsiasi, dentro il quale si contiene la sostanza odorifera allo stato liquido o in dissoluzione (B), oppure solida o versata in goccie sulla bambagia (M). La corrente che vi s'introduce per la compressione di un pallone di gomma trascina con sè le molecole odorifere e le spinge per due tubi, di cui l'uno va alla narice del soggetto di esperienza e l'altro ad un apparecchio, che o graficamente (B) o cronoscopicamente (M) registra l'istante dell'impressione.

Il metodo è semplicissimo, sebbene, mi si permetta la frase, non perfettamente fisiologico. Per non dire altro, osservo che nelle esperienze del Beaunis è indispensabile che l'individuo in esame prima di percepire lo stimolo odorifero cessi dal respirare o introduca aria per la bocca. L'organo dell'olfatto in tal guisa non si trova nelle sue condizioni naturali, e parmi che sotto questo riguardo corrisponde meglio allo scopo il mio strumento eccitatore, col quale poi non v'è bisogno che una corrente d'aria sia spinta meccanicamente dentro le narici per provocare la sensazione.

I risultati delle esperienze degli osservatori sono questi:

B		M	I.	II.
Ammoniaca	0.37			
Acido acetico	0.46	Essenza di menta	0.247	0.362
Canfora	0.50	» di bergamotto	0.268	0.374
Assa fetida	0.52	» di rose	0.291	0.330
Solfuro ammonico	0.54	Canfora	0.246	0.492
Cloroformio	0.56	Muschio	0.319	—
Solfuro di carbonio	0.59	Essenza di pino	0.267	—
Valeriana	0.60	Etere acetico	0.255	—
Essenza di menta	0.63			
Acido fenico	0.67			

Beaunis, *Sur les temps de réaction des sensations olfactives*. Gazette médicale de Paris, N. 6, 10 febb. 1883. — Moldenhauer, *Ueber die Reactionszeit einer Geruchsempfindung*. Philosophische Studien, I Bd. 4 H. 1883, p. 603.

Digitized by Google

Di molti fatti e problemi, che hanno intimi rapporti col periodo fisiologico, sarà discorso nei capitoli seguenti: qui però, prima di conchiudere non credo inopportuno tener nota di un fenomeno singolarissimo, che occorre di vedere durante le ricerche psicometriche.

Il fenomeno, di cui vogliamo discorrere, è questo. Data una serie di esperienze, avviene talvolta che la persona faccia un rapido movimento di reazione senza che una causa obiettiva determini l'eccitamento. Ciò succede in modo speciale, anzi esclusivo, per le sensazioni di contatto, e nei casi in cui tra l'una e l'altra ricerca si fa correre un breve intervallo. Ma appena l'individuo ha reagito, si accorge subito dell'errore di senso.

Il fatto, per vari motivi, non può attribuirsi alla persistenza della sensazione, sibbene ad una vera allucinazione, il cui punto di origine è chiaramente centrale. Supposto nel centro del senso tattile un grado di sovraeccitabilità, accresciuto dallo sforzo massimo e simultaneo dell'attenzione, può il ravvivamento della sensazione ideale, che deve generarsi molto facilmente in quelle circostanze, essere così energico da richiamare in realtà lo stimolo periferico. Col linguaggio del Maudsley si direbbe che la corrente nervosa di ideazione reagendo sopra i centri sensori giunge a tal segno in dati momenti da produrre illusioni e allucinazioni. Fra le ipotesi, questa forse è la migliore.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO V

TEMPO DEGLI ATTI PSICHICI E DEGLI ATTI REFLESSI.

Allo studio particolareggiato del tempo di reazione nei suoi elementi e nel suo insieme, è opportuno che facciam seguire una risposta definitiva alla domanda che il lettore avrà fatta a sè stesso parecchie volte. E la domanda va formulata con queste parole:

È mai possibile calcolare coi nostri metodi cronometrici gli intervalli centrali psicofisici? O per dir meglio, è mai possibile misurare il tempo che trascorre nell'organo cerebrale affinchè l'eccitamento di senso si trasformi in impulso motore volontario?

Se conoscessimo la durata dei processi puramente fisiologici non sarebbe difficile isolarneli, e forse giungeremmo anche a scinderli l'uno dall'altro; ma abbiam veduto che per la costituzione intima del tempo di reazione non si può fare questo lavorio eliminativo.

L'esame minuto sugli elementi del tempo di reazione credo ci abbia dimostrato che ancora non possediamo una norma sicura per il calcolo di ogni singolo fattore, ed in

Digitized by Google

ispecie, del fattore psichico; poichè, come già dicemmo, la sensazione è un tutto organico, e se l'analisi sottile e profonda del fisiologo riesce a disvelarne il meccanismo, non è in grado di segnare i confini tra un antecedente e un susseguente. Invece, e parrà strano, senza eliminare i dati fisiologici, noi abbiamo i mezzi di estendere le nostre misure agli atti mentali complessi. Il semplice tempo personale offre le basi della determinazione cronometrica dei processi psicologici più alti variando alcune circostanze. Infatti, se dopo molti saggi ripetuti, ottenendo una cifra che rappresenti l'equazione normale di un dato senso, disponiamo l'esperienza in modo tale che restino inalterati gli elementi della trasmissione sensitiva e motrice, e pel contrario s'introducano circostanze più complicate negli intervalli psicofisici, allora vedremo, secondo i casi, più o meno notevolmente accrescersi di quantità numerica tutto il periodo della reazione, dal quale, in via diretta, si può calcolare il momento richiesto per compiere un giudizio sulla intensità o sul luogo in cui si producono due stimoli di senso, il tempo trascorso per determinare un atto di scelta, la durata necessaria a comprendere le rappresentazioni complesse e via dicendo.

La misura adunque degli intervalli centrali, desunta da calcoli più o meno ipotetici sopra i vari segmenti del periodo fisiologico, per noi ha un valore molto relativo. Il « tempo ridotto » dell'Exner (*reducirte Reactionszeit*), che è appunto l'intervallo di trasformazione centrale dell'eccitamento centripeto in centrifugo, è più uno schema imaginario che una realtà. L'Exner, il quale conviene nel dire che le più grandi oscillazioni dell'equazione per-

Digitized by Google

sonale spettano ai processi psicofisici, ha misurato sopra alcuni soggetti i tempi ridotti, che naturalmente si ottengono deducendo dai periodi normali fisiologici il tempo perduto nel tragitto periferico e nel decorso del midollo. I criteri cronometrici adottati in questo genere di calcoli sono quelli che ricordammo di sopra. La estensione poi dei singoli tratti delle vie nervose nei diversi soggetti fu determinata dalla statura, accettando l'ipotesi di una costruzione proporzionale degli individui secondo la lunghezza del corpo.

Così può comporsi la seguente tabella, nella quale da una parte sono segnati i tempi di reazione, e dall'altra i tempi ridotti correlativi. Una corrente d'induzione dà nella mano sinistra l'eccitamento di senso:

Nome	Età	TEMPO DI REAZIONE		TEMPO RIDOTTO
I	26	0.1337		0.0828
II	23	0.3311	Tardo nella percezione	0.2821
III	76	0.9952 0.3576	Malaticcio, poco intelligente	0.9426 0.3050
IV	24	0.1751		0.1231
V	20	0.2562	Poco sicuro nei movimenti	0.2053
VI	22	0.1295		0.0775
VII	35	0.1381		0.0901

Nè più esatto ci sembra il metodo del Wittich per

Digitized by Google

computare la durata di quelli che egli chiama processi centrali, che hanno un'estensione un po'maggiore del vero intervallo psicofisico o tempo ridotto di Exner, poichè vi è compreso anche il decorso centrifugo midollare.

Il Wittich, trascurando i periodi di latenza sensoria e muscolare, scompone in tre elementi la cifra di reazione agli stimoli acustici: (1)

a) nel tempo necessario affinchè l'eccitamento sonoro giunga alla coscienza;

b) nel tempo in cui lo stato di eccitamento dei gangli centrali dell'acustico deve propagarsi ai gruppi gangliari delle corna anteriori del midollo, donde prendono origine i nervi di moto dell'arto superiore;

c) del tempo che impiega l'eccitamento per giungere ai muscoli.

Così avremo l'equazione:

$$T = a + b + c = 0.179,$$

che è la durata della reazione acustica.

Ora in questa equazione con molta probabilità, secondo il Wittich, può essere calcolato il fattore *c*, conoscendo la distanza che passa dal braccio (muscolo flessore profondo delle dita) al cervello; ed il suo valore può esprimersi con 0.018.

Supponendo poi che la celerità media della corrente nei nervi di senso, e quindi anche nell'acustico, sia grande come nei nervi motori, e calcolando per 45 millimetri la lunghezza del nervo acustico dalla coclea alla sua origine, si troverebbe il valore di *a* essere uguale a 0.001.

(1) Wittich, *Untersuchungen des zeitlichen Verlaufes der motorischen Action*, ecc. Virchow's Archiv, Bd. XLVI, p. 483.

Digitized by Google

E però sostituendo ad *a* e *c* i loro equivalenti numerici, si ottiene:

$$T = 0.019 + b;$$

e siccome T è in media uguale a 0.179, così *b*, cioè il tempo dei processi centrali, è uguale a 0.160.

Potrei moltiplicare gli esempi di calcoli eseguiti con siffatti metodi di eliminazione; ma il lettore avrà compreso quanto essi siano fallaci (1).

Per noi sta certo il fatto che la maggior durata del tempo fisiologico spetta, come dicemmo più volte, agli intervalli centrali psicofisici.

Il momento della conduzione dello stimolo sensitivo e dell'impulso motore occupa nella serie cronologica un grado minimo rispetto agli atti complicatissimi, che debbono compiersi nel cervello. L'analogia dei reflessi spinali illumina questa conclusione con meravigliosa evidenza.

Appena uno stimolo di senso dal cilindrasse della fibra penetra nel centro nervoso midollare, obiettivamente si registra un ritardo di tempo affinchè lo stimolo, propagandosi nella compagine cellulare, giunga ad eccitare le

(1) Il Richet scompone una cifra di reazione eguale a 0.150 nel modo seguente:

Tempo perduto nei muscoli del braccio e della mano . . .	0.010
Trasmissione della corrente nervosa (30 metri al secondo) per una lunghezza di un metro tanto sensitiva che motrice.	0.033
Durata del decorso nel midollo spinale (3 m. al secondo). .	0 025
	0.068

L'atto cerebrale quindi si compie in 0 032.

Richet, *Physiologie des muscles et des nerfs*, p. 867.

Digitized by Google

vie motrici: la riflessione, come suol chiamarsi il fenomeno con imagine fisica, richiede per sè un dato intervallo. Tra la contrazione diretta e la reflessa nei muscoli dell'arto di una rana si trova infatti questa differenza di tempo, la quale è dovuta esclusivamente al passaggio dell'eccitamento nelle vie dell'organo centrale.

L'Helmholtz con esperienze miografiche sin dal 1854 (Monatsber. der Berliner Acad. der Wissenschaften, p. 328) scoprì che la contrazione reflessa midollare si compie col ritardo di $^1/_{30}$ a $^1/_{10}$ di secondo sopra il tempo della contrazione provocata dall'eccitamento diretto del nervo motore. La riflessione nel centro midollare durerebbe dodici volte più di quello che duri la trasmissione dell'eccitamento nei nervi di senso e di moto. Ricerche posteriori del Rosenthal confermarono il relativo ritardo del tempo reflesso, intendendo con questo nome il tempo che passa nel mentre il processo dell'eccitazione sensitiva si trasferisce nel dominio del movimento all'interno del midollo spinale (1).

Il Wundt con esperienze bellissime misurò le variazioni del tempo centrale reflesso in alcune circostanze fisiologiche. La semplice durata della riflessione nel midollo della rana è di $^3/_{1000}$ a $^{15}/_{1000}$ quando lo stimolo si propaga da una radice sensitiva alla corrispondente motrice dello stesso lato; mentre è più lunga, da $^{12}/_{1000}$ a $^{20}/_{1000}$ di secondo se deve essere eccitata, sempre

(1) Rosenthal, *Untersuchungen über Reflexe*. Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen. Heft V. Erlangen, 1873.

L'Exner, come vedremo, chiama questo tempuscolo col nome di « tempo ridotto del reflesso. »

Digitized by Google

alla stessa altezza, la radice del lato opposto. Ma la propagazione può avvenire nella direzione longitudinale del midollo, per esempio, dalla radice sensitiva dei nervi di un braccio alla radice di movimento dei nervi dell'arto inferiore: in questo caso il tempo sarebbe alquanto minore di quello che s'impiega nella riflessione trasversale del midollo, poichè il decorso dello stimolo nel senso dell'altezza avviene in massima parte per mezzo delle fibre, mentre la trasmissione trasversa si compie per mezzo della rete gangliare della sostanza grigia. Verosimilmente, come soggiunge il Wundt, gli intervalli centrali aumenteranno di alcun poco facendosi più complessa la struttura funzionale del midollo nella serie zoologica (1).

Il Richet, per ricordare uno degli ultimi sperimentatori, ha giudicato della rapidità con cui si compiono le funzioni della sostanza grigia midollare con un altro processo. Eccitando simultaneamente il nervo motore ed il midollo si ottiene una contrazione dei muscoli, il cui ritardo è maggiore di quello che si produrrebbe se fosse stimolato soltanto il nervo di moto. Cotesto genere di eccitazione, che può chiamarsi *ganglio-muscolare*, segna per via grafica nel gambero una cifra che supera di 0.025 il tempo dell'eccitazione diretta: onde può ammettersi che le cellule della sostanza grigia per rispondere allo stimolo esterno fanno trascorrere 25 millesimi di secondo (2).

Tutte queste esperienze, ed altre che per brevità omettiamo, costituiscono la prova più esplicita che gli elementi cellulari nervosi oppongono una certa resistenza alle eccitazioni fisiologiche. Anche nei gangli spinali della rana

(1) Wundt, *Grundzüge der phys. Psychologie*. Bd. I, p. 257.
(2) Richet, l. c. p, 703.

Digitized by Google

v'è un ritardo nella propagazione di circa 0.003, senza pur dire che le radici midollari sensitive si mostrano più eccitabili delle fibre collocate al di sotto dei gangli.

Ma se dal midollo ascendiamo al cervello, l'organo massimo della vita di relazione, ci si presentano fenomeni di valore inestimabile.

È già risaputo che la fisiologia contemporanea registra nel novero delle sue scoperte l'esistenza di certe zone della corteccia cerebrale, le quali quando siano stimolate con la corrente elettrica possiedono la proprietà di provocare delle contrazioni in dati gruppi muscolari. I muscoli si contraggono non solo per l'eccitamento di quelle zone del cervello così dette motrici, si anche per l'eccitamento identico dei fasci della sostanza bianca, che è ad esse sottoposta. Ora se stimoliamo la zona motrice e quindi le fibre bianche, e misuriamo col metodo grafico i tempi che si richiedono perchè il medesimo muscolo si contragga, troveremo nelle cifre numeriche una differenza rilevantissima.

Dalle ricerche del Franck e del Pitres infatti risulta che il ritardo del movimento consecutivo alla eccitazione elettrica del cervello è maggiore quando si stimola la sostanza grigia ed è notevolmente ridotto quando invece si stimola la sostanza bianca (1).

La Figura 8 ne dà un'idea chiarissima.

In M ed in M' sono rappresentati i tempi della reazione muscolare in seguito ad eccitamento della zona motrice (M) o della sostanza bianca (M'). Il ritardo totale è di 6 $^1/_2$ cen-

(1) Franck et Pitres, *Récherches graphiques sur les moucements simples et sur les conculsions proroquées par les excitations du cerceau.* Travaux du Laboratoire de Marey. Paris, 1880, p. 413.

Digitized by Google

tesimi di secondo se lo stimolo agisce sulla corteccia mentre è di centesimi 4 $^1/_2$ se il medesimo stimolo elettrico, togliendo un pezzetto di sostanza grigia dello spessore di tre millimetri, si applica sul taglio scoperto dei fasci bianchi del centro ovale. La differenza, come si vede, è di 0.020.

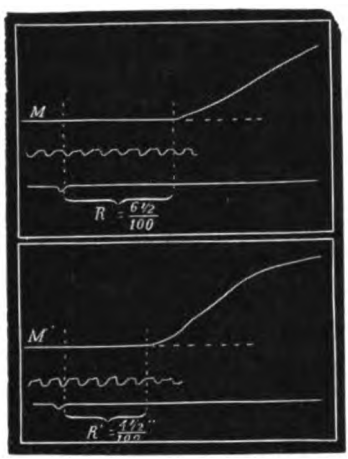


Figura 8.

Ma se la storia delle scoperte fisiologiche dev'esser fatta con verità, conviene in questo genere di ricerche ricordare a capo di tutti un illustre sperimentatore, lo Schiff, il quale fin da quando fu annunziata la dottrina dei centri motori dell'Hitzig e del Fritsch, imaginò delle esperienze congeneri con lo scopo di combatterla e di sostituirla con la sua teoria dei centri di riflessione. L'obiettivo che si proponeva lo Schiff non ci inte-

Digitized by Google

ressa, poichè per noi, in questo momento, la quistione essenziale non consiste nel carattere puramente motore o reflesso delle zone rolandiche del cervello, sibbene nella resistenza che le cellule nervose offrono ai processi eccitativi. Lo Schiff, adunque, mettendo in opera tre metodi, quello di Pouillet, il grafico e il cronoscopico; volle misurare il tempo che passa fra l'eccitazione della radice del nervo sciatico ed il principio della contrazione del muscolo gastrocnemio da una parte, e dall'altra l'intervallo che si richiede tra lo stimolo del centro corticale correlativo e la contrazione del muscolo sudetto. In quest'ultimo caso trascorse un tempo 7 ad 11 volte più lungo di quello che avrebbe dovuto essere, se l'intiero tratto nervoso fosse della medesima natura ed avesse la medesima velocità di trasmissione che possiede il nervo sciatico dalla sua radice fino al gastrocnemio (1).

Un tempo così alto va spiegato pel ritardo che producesi nelle cellule corticali ed anche, come ha dimostrato l'Exner, nei gangli della base e nelle corna anteriori del midollo, pur tralasciando la minore velocità di conduzione dei cordoni midollari in paragone delle fibre periferiche (2).

Identici risultati a quelli del Franck e del Pitres forniscono gli esperimenti brillantissimi del Bubnoff e dell'Heidenhain, i quali hanno intraveduto nella curva descritta dal muscolo nell'atto di contrarsi un altro fenomeno assai importante, cioè che per lo stimolo della

(1) Schiff, *Lezioni di fisiologia sperimentale sul sistema nervoso encefalico*, 2ª ed. Firenze, 1873, p. 535.

(2) Exner, *Exp. Untersuchungen*, ecc. Zw. Abth: *Zeitverhältnisse der Rückenmarksleitung*, p. 532.

Digitized by Google

sostanza grigia del cervello l'altezza della contrazione è in generale minore ed è più lunga la curva muscolare nel suo tratto discendente (1).

Nella Figura 9 in *A* è rappresentato l'eccitamento della corteccia cerebrale ed in *B* quello della sostanza bianca. Nella linea 1 è descritta la curva della contrazione muscolare; nel punto α della linea 2 corrisponde il momento dello stimolo; nella linea 3 sono registrate le vibrazioni del diapason, di cui ciascuna equivale ad un centesimo di secondo, e nel punto β della linea 4 è indicato il momento in cui il muscolo comincia a contrarsi.

La rappresentazione grafica delle esperienze ci fa vedere che gli elementi corticali hanno caratteri diversi dalle fibre della sostanza bianca: nei primi il processo di eccitamento è più tardo a prodursi da una parte, e ne dà prova l'altezza del tempo di reazione, ed è più tardo, dall'altra, a scomparire, come può dedursi dalla maggiore

(1) Bubnoff u. Heidenhain, *Ueber Erregungs-und Hemmungsvorgänge innerhalb der motorischen Hirncentren.* Archiv f. die gesammte Physiologie, Bd. XXVI, H. III-IV, p. 137.

In un caso il tempo di reazione all'eccitamento corticale fu 0.080, e quello all'eccitamento delle fibre bianche 0.035.

Le esperienze furono eseguite generalmente sopra cani narcotizzati con la morfina. Aperto il cranio in corrispondenza della regione motrice sinistra della corteccia, si rendeva immobile l'arto superiore destro, nel quale il tendine del muscolo estensore lungo comune delle dita era reciso e fissato ad un apparecchio scrivente. Tre segnali elettromagnetici, posti l'uno sopra dell'altro, indicavano rispettivamente sul tamburo del chimografo l'istante dello stimolo, l'inizio della contrazione muscolare ed il tempo, mentre uno speciale apparecchio di Marey descriveva la curva di contrazione. Lo stimolo non era dato dalla corrente indotta, ma dall'apertura e chiusura di una corrente costante.

Digitized by Google

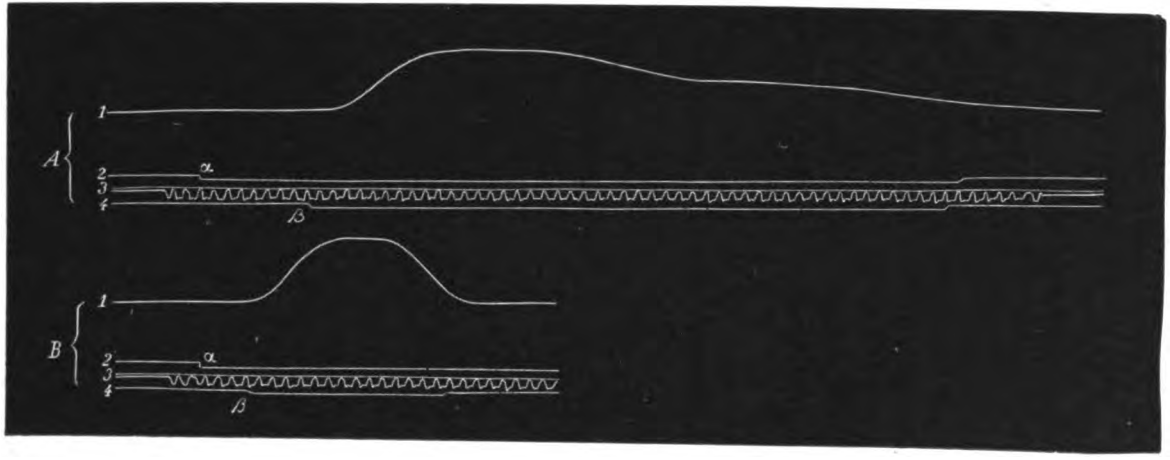


Figura 9.

Digitized by Google

estensione che assume la curva muscolare. Le ricerche del Bubnoff e dell'Heidenhain contraddicono poi ad un'opinione, poco ben fondata a quanto pare, del Franck e del Pitres, secondo i quali il tempo di reazione è indipendente dall'intensità dello stimolo: nei medesimi animali qualunque sia l'eccitamento, forte o debole, unico o multiplo, la durata del ritardo, a parità di condizioni nella distanza, è sempre identica (1). Per contrario il Bubnoff e l'Heidenhain sopra animali integri o sottoposti a narcosi morfinica di medio grado rilevarono che il tempo di reazione dentro certi limiti sta in rapporto inverso della grandezza dell'eccitamento (2). Se si aumenta a poco a poco la forza della corrente di una quantità sufficiente a produrre una contrazione minima, la curva muscolare cresce in altezza, mentre il tempo di reazione diviene più piccolo. Lo stesso fenomeno si manifesta quando si adoperi uno stimolo elettrico bastevole a promuovere il minimum di contrazione muscolare e si eccitino con esso a brevi intervalli i centri nervosi: allora ogni eccitamento, appena prodotto, non si

(1) Un problema analogo sussiste pel midollo. Il Wundt crede, ad esempio, che il tempo reflesso midollare è indipendente dalla intensità dello stimolo, mentre pel Rosenthal decresce con l'aumentare della forza eccitatrice e può ridursi quasi inavvertibile con gli stimoli molto forti.

(2) La causa dell'impiccolimento del periodo di reazione, che consegue alla accresciuta intensità dello stimolo, non deve cercarsi, a giudizio degli A., nel tempo latente del muscolo, che in tutti i casi è sempre minimo, nè lungo il tragitto conduttore delle fibre nervose, che risentirebbero ben poco l'efficacia della diversa intensità degli stimoli, sibbene negli apparecchi centrali, donde si dirama l'eccitamento.

Digitized by Google

spegne del tutto, ma lascia degli effetti consecutivi, i quali sommandosi con l'eccitamento che sopraggiunge ne aumentano il potere.

Ho voluto riassumere queste esperienze, di cui ai nostri giorni si è arricchita la fisiologia sperimentale del cervello, per dimostrare che nelle cellule della sostanza grigia, dove si compiono i processi più alti dei fenomeni psichici, si perde un certo tempo nell'azione dell'eccitamento fisiologico. Tali fatti, illustrati così maestrevolmente, appoggiano, sebbene per via indiretta, la nostra idea, già ripetuta parecchie volte, che gli intervalli psicofisici devono occupare nella serie cronologica una larga estensione.

Altre prove più evidenti possiamo dedurre dall'esame di confronto nella durata dei fenomeni psichici e dei fenomeni reflessi. Ed eccoci dinanzi un campo fecondo di studi comparativi, che ci viene offerto dalla misura del tempo negli atti reflessi, intendendo con questa parola quegli atti, nei quali non entra come parte integrante la coscienza intelligente e volitiva, donde risulta l'intenzionalità della reazione motrice. I processi nervosi sono identici nel movimento muscolare, che è l'effetto finale di un eccitamento dell'estremità dell'arco reflesso, e nel movimento che si determina dopo la percezione di uno stimolo: se non che, nell'ultimo caso, partecipando al fenomeno i centri psichici, la durata diventa maggiore e la sua differenza ci dà l'indice del vero tempo mentale.

Tra i primi che abbiano tentato questa via è l'Exner. L'illustre fisiologo volle misurare col metodo grafico il tempo reflesso dell'ammiccamento, che nell'uomo è uno dei reflessi più facile a prodursi e a studiarsi (1).

(1) Exner, *Exper. Unters.* ecc. Zw. Abh: *Ueber Reflexzeit und Rückenmarcksleitung.* Pflüger's Archiv, Bd. VIII, p. 526.

Digitized by Google

Fissando con sottile striscia di sostanza adesiva un filo di cotone alla palpebra dell'occhio sinistro ed attaccandolo ad una leva piccola e leggerissima piegata due volte ad angolo retto, egli era in grado di tradurre i movimenti della palpebra sulla leva scrivente. Eccitava la palpebra dell'occhio destro con la corrente faradica: scoppiando la scossa di induzione, si fa anche con l'occhio sinistro un moto reflesso di ammiccamento (1). Le impressioni ora erano deboli, ed ora forti: il soggetto di esperienza avvertiva semplicemente sensazioni di dolore, ma non percepiva scintille luminose. La media del tempo reflesso di ammiccamento è:

agli stimoli deboli	0.0662
agli stimoli forti	0.0578

La serie dei singoli valori, dai quali fu dedotta la prima media, non presenta una cifra che sia così piccola come la media del tempo ottenuto con gli eccitamenti forti; e d'altra parte nei valori componenti della seconda media non v'è una cifra che sia così grande come quella indicata da $\frac{662}{1000}$. Inoltre, a dire dell'Exner, si vede che questi numeri sono a un dipresso due terzi più piccoli dei

(1) Nelle prime esperienze, invece dello stimolo elettrico, l'Exner si servì della impressione ottica di una grande scintilla, ed ottenne pel tempo reflesso dell'ammiccamento in media 0.2168. Questa cifra è molto più alta del corrispondente tempo di reazione agli stimoli luminosi, ed è ricavata da numeri assai oscillanti, che vanno da 0.1762 a 0.2812. Meravigliato che un simile reflesso fosse avvenuto con minore rapidità e precisione di un atto volontario, l'Exner ricorse a stimoli più forti, che tolsero di mezzo ogni dubbio.

Digitized by Google

corrispettivi numeri del semplice tempo fisiologico di reazione, con i quali hanno un andamento analogo per riguardo all'intensità degli stimoli (1).

A noi pare che sarebbe un grande progresso per gli studi sulla durata dei processi psichici elementari se si estendessero le ricerche alla misura degli atti reflessi. Dal paragone di una reazione volontaria e cosciente ad uno stimolo esteriore con la reazione d'indole reflessa si può, in guisa diretta e sicura, sorprendere il lavorio mentale, determinarlo anche rispetto al tempo meglio che con gli abituali metodi, sempre incerti ed ipotetici, di eliminazione dei conducimenti periferici.

Dopo l'Exner pochi si sono occupati nell'uomo della determinazione cronometrica dell'atto reflesso; ed io non posso passare sotto silenzio un metodo, col quale converrebbe, salvo qualche modificazione, istituire largamente

(1) Se dai tempi 0.0662 e 0.0578 si togliesse la durata del conducimento periferico e del periodo latente si otterrebbe un numero, che rappresenta il tempo centrale di trasformazione dello stimolo in impulso motore. Analogamente al tempo ridotto di reazione, l'Exner lo chiama *tempo ridotto reflesso* (reducirte Reflexzeit).

Per calcolarlo bisogna conoscere alcuni dati anatomici e fisiologici.

Il centro di riflessione dell'ammiccamento è la punta del calamus scriptorius. La lunghezza delle vie nervose periferiche (trigemino e facciale), i cui nuclei sono vicini, è di 35 centimetri. Con la celerità di 62 metri al secondo, tanto l'eccitamento sensitivo, quanto l'impulso di moto impiegherebbero 0.0057. Anche per 5 millesimi è calcolato dall'Exner il periodo latente muscolare: quindi, secondo una sua congettura, il tempo reflesso ridotto dell'ammiccamento è di 0.0471 per gli stimoli forti e di 0.0555 per gli stimoli deboli.

Il primo dei due risultati concorderebbe con l'esperienze del Rosenthal sui reflessi midollari della rana.

Digitized by Google

delle esperienze comparative. Il René ne ha usato col disporre l'esperimento in tal maniera che la persona soggetta alle prove sentisse nell'indice della mano una forte scossa elettrica, che irradiavasi anche fino al gomito, e senza partecipazione della volontà, ritirando bruscamente il dito, interrompesse una corrente, per la quale nell'apparecchio grafico viene segnalato l'istante della reazione. L'intervallo così misurato in parecchie serie di osservazioni sopra gli adulti, dà, secondo il René, delle cifre medie che oscillano fra 0.156 e 0.160. In questo caso i fattori di tutto il processo, che è meno semplice di quello dell'ammiccamento, sarebbero: il periodo latente sensorio e muscolare, la durata di propagazione dell'eccitamento lungo la duplice via nervosa nell'arto superiore, ed il tempo necessario affinchè nei centri la sensazione si trasformi in movimento. E se la cifra ottenuta si confronti con l'altra, nella quale è rappresentato il decorso di un atto volontario compiuto nel modo possibilmente più rapido, si dedurrà una differenza che indica la durata approssimativa dell'atto cerebrale il più semplice (0.032 - 0.036) (1). Questo metodo certamente, col quale l'intervallo psicofisico si calcola dal tempo che impiega una azione reflessa, di cui l'arco nervoso abbia le sue estremità in quei punti me-

(1) Le cifre 0.032 - 0.036 sono applicabili, come dicemmo, a persone adulte (studenti e dottori in medicina); poichè negli allievi delle scuole primarie la durata dell'intervallo centrale del tempo di reazione si compie in 0.075 - 0.095.

È singolare che il tempo dell'atto reflesso del René coincida col periodo di reazione agli stimoli elettrici della rana studiato dal Richet. Se sopra una rana integra si provochi un eccitamento elettrico molto forte, i movimenti reattivi muscolari avvengono in un intervallo che non supera mai 0.150.

Digitized by Google

desimi che servirono allo stimolo di senso e al movimento volontario di reazione, è preferibile ai metodi sopra esposti dell'Exner e del Wittich.

Un altro ordine di movimenti reflessi, assai complicato, è quello dell'iride; ed il Vintschgau ne ha fatto, fra gli altri, oggetto di ricerche diligentissime, che, sebbene non giovino al nostro scopo, ricorderò perchè valgono ad illuminare il meccanismo dei fenomeni nervosi, specialmente del cervello (1).

È già noto che se un raggio di luce cade sopra la retina di un occhio, anche l'iride dell'altro occhio, per azione reflessa di consenso, si contrae. Se l'osservatore, per imagine entottica, sempre con lo stesso movimento, segni l'istante in cui la sua iride comincia a contrarsi, si trova che il tempo, il quale intercede fra l'istante in cui lo stimolo luminoso agisce sopra una retina e l'inizio della contrazione iridea dell'altro occhio, è espresso per le due iridi dalle seguenti cifre:

Iride destra	0.551
Iride sinistra	0.565

L'altezza delle cifre è spiegabile con l'analisi della tessitura cronologica dei vari fattori in esse contenuti. Ed invero dobbiamo ravvisarvi questi non pochi processi:

1.° L'eccitamento della retina dell'occhio, sul quale cade il raggio luminoso;

2.° la sua propagazione nel nervo ottico fino all'or-

(1) Vintschgau, *Zeitbestimmungen der Bewegungen der eigenen Iris* Pflüger's Archiv, Bd. XXVI, 1881, p. 324.

Digitized by Google

gano centrale, i corpi quadrigemini, che sono sede del reflesso;

3.° il passaggio dell'eccitamento dal nervo ottico al nervo oculo-motore dell'altro occhio;

4.° la sua trasmissione nell'oculo-motore fino all'iride;

5.° il periodo latente dello sfintere della pupilla;

6.° l'inizio della contrazione di questo muscolo;

7.° l'eccitamento della retina corrispondente in seguito alla costrizione pupillare;

8.° il conducimento dello stimolo lungo il nervo ottico fino agli organi di percezione;

9.° il giudizio del mutamento avvenuto nel diametro della pupilla;

10.° la determinazione volontaria del movimento di segnale;

11.° la trasmissione dello stimolo motore fino ai muscoli della mano;

12.° il periodo latente muscolare.

La somma dei fattori 1, 8, 9, 10, 11 e 12, equivarrebbe al semplice periodo di reazione allo stimolo luminoso, se si ammettesse eguaglianza di due momenti, cioè, da una parte, che siano identici i tempuscoli nel giudicare che ha luogo l'inizio della contrazione dell'iride o che si produce un semplice fenomeno luminoso, e dall'altra che le velocità di propagazione nel nervo ottico siano le medesime quando la retina è stimolata da luce diffusa come nelle percezioni normali o quando è stimolata dall'oscuramento della stessa retina pel restringersi del diametro pupillare. Più specialmente interessa il fattore del giudizio, che il Vintschgau suppose essere di una durata un po' più piccola nel caso

Digitized by Google

del periodo fisiologico alle impressioni di luce. Qui però mi sia lecito aggiungere che nelle reazioni normali, di cui abbiamo esaminato il meccanismo, non esiste tempo discriminativo, mentre nella misura dei reflessi iridei è necessario il giudizio per discernere se è avvenuto o no il restringimento del diametro pupillare. È molto più difficile riconoscere se produconsi movimenti in un organo cotanto piccolo come l'iride di quello che ravvisare un fenomeno luminoso, della cui comparsa abbiamo preventivamente piena certezza. Nondimeno, supposta l'eguaglianza, i tempuscoli segnati dal 2 fino al 7 darebbero il tempo reflesso del costringimento dell'iride, il quale si ottiene facilmente sottraendo dalle cifre superiori le durate di reazione agli stimoli luminosi:

Inizio del costringimento reflesso della pupilla:	destra —	sinistra
	0.551 —	0.565
Reazione allo stimolo luminoso dell'occhio:	sinistro —	destro
	0.241 —	0.245
TEMPO REFLESSO	0.310	0.320

Queste ultime cifre, adunque, indicano l'intervallo che passa dal momento in cui la luce cade sopra un occhio fino a quello in cui l'altra pupilla comincia a contrarsi (1).

(1) Sul tempo reflesso del restringimento della pupilla si conoscono già altre esperienze, delle quali riproduco i risultati definitivi:

Osservatori	Tempo reflesso
DONDERS	0.44
STRAWBRIDGE	0.46
ARLT	0.52
CRISTINSON	0.55
LISTING	0.4

In questi casi non è affatto esclusa la possibilità di variazioni individuali.

Digitized by Google

Ma il tempo trovato è la vera espressione del tempo reflesso? Se consideriamo, soggiunge il Vintschgau, che il periodo latente dello sfintere pupillare è contenuto nei valori numerici, i quali indicano l'inizio della contrazione dell'iride, e se teniamo conto del fatto che le fibre iridee devono aver compiuto una parte, benchè piccola, del loro movimento prima che ne sia percepito il principio, si potrà ben dire che il tempo reflesso, in simili condizioni sperimentali, è alquanto più grande. L'intervallo sarebbe ancora meno sensibile se, come credo, dall'intiero processo si sottraesse non la durata della percezione luminosa semplice, ma quella possibilmente di un atto psichico discriminativo. In ultimo non conviene dimenticare che, secondo alcune ipotesi, i cangiamenti nel diametro della pupilla più che alla contrazione dell'apparecchio muscolare proprio dell'iride vanno dovuti a reflessi vasali; o, secondo altre ipotesi, sono effetto, quantunque non simultaneo, di riflessione compiutasi nel muscolo sfintere e nel meccanismo motore dei vasi. La partecipazione vasale, supposto che sia definitivamente dimostrata, spiegherebbe il ritardo del reflesso non solo del costringimento, ma della dilatazione della pupilla. E già gli studi del Fano hanno posto in evidenza che i movimenti reflessi dei vasi sanguigni negli arti superiori ed inferiori si compiono in un periodo di 3 a 3.5 secondi dopo uno stimolo periferico (1).

(1) Fano, *Sui movimenti nei vasi sanguigni*. Acad. dei Lincei, Trans. 1881, p. 259; e Mosso, l. c., p. 810. — Queste ricerche provano pure che la produzione dei reflessi vasali è più tarda (un secondo), più distinta e più duratura nel sonno che nella veglia. Non è pertanto un difetto della eccitabilità dei centri nervosi, poichè il medesimo eccitamento provoca effetti maggiori nel sonno; ma piuttosto

Digitized by Google

Con procedimento analogo vien misurato il tempo reflesso della dilatazione della pupilla. Oscurando la retina di un occhio, si dilata la pupilla dell'altro in un dato intervallo, dal quale togliendo il valore di reazione al semplice oscuramento della luce si ottiene il tempo reflesso, che d'ordinario supera di 0.15 a 0.25 il tempo omonimo del costringimento della stessa iride (1). La causa della differenza è nella natura dell'apparecchio muscolare, che è diverso per le due funzioni iridee: così mentre la durata completa del restringimento avviene tra 0.23 e 0.39, la durata della dilatazione impiegherebbe da 3 a 4 secondi. Vi è ancora un'altra causa di non lieve momento, ed è la via nella quale decorrono i due reflessi: l'uno, come è noto, ha sede nel nervo ottico, nei corpi quadrigemini e nell'oculo motore; nell'altro, ossia nella dilatazione reflessa, sono impegnati gangli e fibre del simpatico. Oltre a ciò potrebbesi pure ammettere che il fenomeno dell'am-

trattasi di maggiore resistenza che l'eccitamento incontra nel percorrere i nervi e nel propagarsi di cellula in cellula. Dalle stesse ricerche risulta che l'incrociarsi delle vie nervose è causa di molto ritardo: infatti se irritiamo a destra il braccio o il piede, il movimento dei vasi sanguigni comparisce alcuni decimi di secondo prima nella mano e nel piede del medesimo lato, e poi si manifesta nella mano e nel piede del lato opposto.

(1) Il tempo reflesso della dilatazione dell'iride è stato anche misurato sperimentalmente nei conigli con altro metodo. Il Gruenhagen, per es., eccitando il ganglio cervicale superiore del simpatico faceva registrare il momento in cui la pupilla del coniglio cominciava a dilatarsi. Se dalla cifra ottenuta si sottrae il tempo di reazione, la differenza indicherebbe (sebbene a nostro avviso non esattamente) l'intervallo dell'eccitazione latente irideo-simpatica. Questa differenza equivarrebbe a 0.78.

Gruenhagen, *Zur Iris-Bewegung*. Pflüger's Archiv, Bd. III, p. 430.

Digitized by Google

pliamento del diametro pupillare si produca non solo per l'eccitazione diretta delle fibre raggiate dell'iride, ma pel rallentamento dell'attività fisiologica delle fibre circolari; che anzi quest'ultimo muscolo sia il primo a stancarsi e con la sua progressiva rilassatezza si sviluppi in egual rapporto l'attività del muscolo antagonista. La duplice compartecipazione al fenomeno spiegherebbe in tal guisa la lunghezza del suo decorso cronologico.

Con metodo diverso ho voluto misurare nell'uomo la dilatazione reflessa dell'iride. Mi servo di stimoli applicati sui nervi sensitivi periferici (punture di spillo) e guardo in uno degli occhi dell'individuo sottoposto all'esame. Ogni eccitazione ha per effetto di produrre quasi sempre un ingrandimento della pupilla. L'istante in cui esercito la puntura è registrato dal cronoscopo, perchè io adopero uno strumento identico al pennello che si usa nelle eccitazioni tattili. Appena discerno che il foro pupillare si è ingrandito, interrompo la corrente cronoscopica. — Ora da parecchie serie di esperienze eseguite sopra tre persone, ottenni dei valori non molto dissimili da quelli del Vintschgau, sebbene le vie di conduzione centripeta siano diverse. Io pungevo d'ordinario il dorso delle mani o la parte inferiore dell'avambraccio; e nelle ultime serie, se tolgo alcune cifre assai dubbie, potrei dire che l'atto completo contenente il tempo reflesso e la mia percezione discriminativa fu per ciascuno dei tre individui: 0.688; 0.726, e 0.723. Se calcolo a più di 200 millesimi di secondo la durata del fenomeno subiettivo del giudizio (0.220-0.240), non è improbabile che l'atto reflesso della dilatazione iridea si compia in un intervallo alquanto minore del tempo, che il Vintschgau ha stabilito con le sue esperienze di oscuramento della retina.

Digitized by Google

E poichè siamo a discorrere di atti reflessi, dei quali, a dir vero, segnalai alcuni fra i più complicati, è necessario esaminare se nell'uomo l'indagine cronometrica siasi rivolta ad altri fenomeni reflessi più semplici e dipendenti da un centro nervoso, in cui le vie di riflessione sono facili a trasmettere gli eccitamenti. È chiaro che intendo parlare del midollo spinale.

Tra i movimenti che dipendono dal centro midollare, quelli oggi conosciuti col nome di « reflessi tendinei » se hanno un'importanza speciale nello studio di talune malattie nervose, offrono d'altra parte a noi un esempio eloquentissimo della rapidità del reflesso. La forma più tipica e più caratteristica è il « fenomeno del ginocchio » o « reflesso rotuleo, » che ciascuno può ottenere facilmente battendo con un martelletto sul legamento della rotula di una gamba che incrocia e pende sull'altra: ad ogni colpo, contraendosi il muscolo tricipite, la gamba fa dei movimenti di estensione più o meno bruschi.

Oramai, dopo i grandi lavori clinici dell'Erb e dello Charcot, le splendide dimostrazioni sperimentali di Schultze, Fürbringer e Tschirjew, e le stupende analisi anatomiche del Golgi, è assicurata la natura reflessa spinale dei fenomeni tendinei. Il movimento muscolare, che sussegue all'eccitazione del tendine, non è generato in situ, nè devesi, secondo altri, alla chiusura di un arco diastaltico, il cui centro risiede nei gangli. E non solo con gli eccitamenti massimi, per come è confermato dalla universalità delle esperienze, ma, quel che è più, l'atto reflesso si produce della stessa guisa col metodo che studia il valore della somma degli stimoli, cioè adoperando una serie di eccitamenti meccanici eguali,

Digitized by Google

minimi, ripetuti in dati intervalli di tempo (1). Il fenomeno tendineo pertanto è un reflesso spinale come il cutaneo: la loro differenza non è di natura, ma di vie, perchè probabilmente i sistemi diastaltici sono distinti.

Eppure è strano: mentre da una parte il criterio clinico e fisiologico concordano nello stesso senso, dall'altra il criterio della determinazione cronometrica, da cui parecchi hanno ricavato delle teorie contrarie alla natura particolare del fenomeno, viene diversamente interpretato, anzi ne è nata una confusione deplorevole. — A noi se poco importano le disquisizioni più o meno ipotetiche, giovano invece moltissimo i valori numerici del fenomeno quando siano misurati con ogni rigore di analisi sperimentale.

Anzitutto il Burckhardt, partendo dal postulato che, *caeteris paribus*, eguali vie nervose sono percorse in tempi eguali, e tempi ineguali fanno conchiudere a vie ineguali, ha scoperto nell'uomo che la media quasi costante dei tempi reflessi del muscolo tricipite femorale è di 39.35 millesimi di secondo (2). Questa durata pel Burckhardt è così breve che necessariamente devesi rinunziare all'opinione che i reflessi tendinei decorrano secondo lo schema dei congeneri cutanei. Anche nel co-

(1) Jahrisch u. Schiff, *Untersuchungen über das Kniephänomen.* Med. Iahrbücher, 1882, p. 261.

La letteratura dei reflessi tendinei è ricchissima, ed io oltrepasserei i confini del mio argomento se volessi intrattenermene anche con parsimonia. A noi di tali studi basta quella parte che riguarda le esperienze sulla misura del tempo, e credo di aver ricordato tutto quanto si è detto in proposito.

(2) Burckhardt, *Ueber Sehnereflexe.* Schmidt's Jahrbücher, 1879, Bd. 179, p. 236; e Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften, 1878, p. 403.

Digitized by Google

niglio il tempo del fenomeno tendineo è di grandezza quasi costante: raggiunge la cifra di 17.1 millesimi ed equivale ad $^1/_4$ - $^1/_5$ della durata dei reflessi della cute. Perciò, secondo il Burckhardt, cui non fu risparmiata dallo Tschirjew una critica sottile del metodo cronometrico, è impossibile, atteso il valore minimo delle cifre, che l'arco del fenomeno si chiuda nella sostanza grigia del midollo, come è inammissibile che l'azione del tendine risulti da eccitamento diretto muscolare: se così fosse i segmenti di muscolo più vicini alla rotula dovrebbero contrarsi prima di quelli che sono collocati più in alto con una differenza di 20 - 30 millesimi. Insomma, quest'arco di riflessione non si chiuderebbe nel midollo, ma forse nel plesso o nei gangli spinali.

Il Waller poi calcola da 0.035 a 0.050 il tempo che passa negli individui sani tra l'eccitazione del tendine e la consecutiva contrazione del muscolo, e crede impossibile di ravvisare nel fenomeno tendineo un reflesso midollare, perchè accorda al periodo latente un tempo lunghissimo (0.030), che le esperienze più autorevoli smentiscono del tutto (1). Per lui non v'è differenza di durata fra il contrarsi del muscolo per diretta percussione ed il contrarsi per scuotimento del tendine. Al contrario pel Gowers, il fenomeno del ginocchio è di natura reflessa spinale, perchè il suo intervallo, ottenuto graficamente, oscillerebbe in media fra 0.100 e 0.110 (2); ed è anche tale pel Bris-

(1) Waller, *On muscular spasm known as tendon-reflex*. Brain, July 1880, p. 179.

(2) Vedi: « Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte in der gesammten Medicin, XIV Jahrg. II Bd. Erste Abth., pag. 73. » Berlin, 1880; e « Centralblatt für Nervenheilkunde, ecc., » 1880, N. 5.

Digitized by Google

saud, la cui misura di 48 - 52 millesimi di secondo è accettata dalla scuola nevrologica francese (1).

In questi ultimi tempi, l'Eulenburg, il quale è d'avviso che la determinazione del tempo può risolvere il problema se si tratti o no di fenomeni con caratteri reflessi, misurò ripetutamente col metodo grafico il « periodo di latenza, » intendendo con questa parola l'intervallo fra il momento in cui si percuote il legamento rotuleo e lo inizio della contrazione del muscolo (2). Nelle persone adulte la durata non oltrepasserebbe i $^2/_{62}$ di secondo, cioè 0.03226, nè sono rari i casi nei quali questa durata oscillerebbe fra $^1/_{62}$ e $^2/_{62}$. Se calcoliamo la lunghezza delle vie centripete, dalla tuberosità della tibia fino al centro reflesso nel segmento lombare del midollo, pressochè a $0^m.64\ ^1/_2$, ed a $0^m.34\ ^1/_4$ la via centrifuga, tutto l'arco nervoso ha l'estensione di un metro. Applicando i valori dello Helmholtz e del Baxt per la celerità della corrente, il piccolo tempuscolo 0.03 appena basta alla produzione dell'atto reflesso; ed in quei casi, nei quali la durata del fenomeno rotuleo è rappresentata dalla cifra 0.03226, si deve supporre che la resistenza delle cellule gangliari del midollo sia straordinariamente minima, cioè appena misurabile da 2 millesimi di secondo: la qual cosa, aggiungiamo

(1) Charcot, *Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau et de la moelle épinière.* 2 fasc. Paris, 1880, p. 303. — Brissaud, *Récherches anatomo-path. et physiologiques sur la contracture permanente des hémiplégiques.* Paris, 1880.

(2) Eulenburg, *Ueber Zeitmessung und graphische Darstellung der Sehnenreflexe.* Zeitschrift für klinische Medicin, Bd. IV. H. 1-2, p. 179. — Idem, *Ueber die Latenzdauer und den pseudoreflectorischen Charakter der Sehnenphänomene.* Neurologisches Centralblatt, 1882, N. 1.

Digitized by Google

noi, contraddice ad una delle esperienze fondamentali della fisiologia dei centri nervosi. Pure cotesto tempuscolo midollare quasi trascurabile, cambiando criteri di misura, aumenterebbe di alcun poco se alla velocità della corrente nelle fibre sensitive si adattasse il valore del Burckhardt, che all'Eulenburg sembra più esatto: allora la somma del decorso centripeto e centrifugo equivale a 0.0241. Ma l'ipotesi dell'origine reflessa poggerebbe sopra maggiori difficoltà in quegli esperimenti, in cui il periodo cronometrico è compreso fra $^1/_{62}$ e $^2/_{62}$: onde l'Eulenburg, sul fondamento delle sue ricerche, crede giusta l'opinione del Westphal che i fenomeni tendinei, ed in ispecie quello del ginocchio, non possono attribuirsi ad un processo di pura riflessione (1). Identici risultati forniscono le esperienze del De Wattewille, che giudicò il periodo tendineo, espresso dalla cifra 0.03, più lungo a paragone del tempo che trascorre quando si eccita direttamente il muscolo, e più corto in confronto dell'intervallo richiesto da una contrazione d'indole reflessa (2).

Assai convincenti e dimostrative sono le indagini recentissime del Seppilli, che da parecchi anni con ardore e con dottrina di scienziato si occupa di problemi

(1) Westphal, *Ueber eine Fehlerquelle bei Untersuchung des Kniephänomen's und über dieses selbst.* Archiv für Psychiatrie, Bd. XII, 1882, 3 H. p. 798. — Il Westphal è d'avviso che le misure di tempo, nelle quali molti osservatori non sono d'accordo, lasciano aperto l'adito a molte difficoltà: ond'egli sarebbe inclinato a non annettervi molta importanza.

(2) De Wattewille, *On reflexes and pseudo-reflexes.* Britsh medical Journal, 20 may 1882.

Digitized by Google

di patologia nervosa. Egli studiando la durata del reflesso del ginocchio sopra molti alienati ha osservato che quasi sempre le cifre non oltrepassano i due limiti 0.032 e 0.038. In nessun caso la cifra si abbassa al di sotto del primo limite, e solo in due persone, un epilettico ed un pellagroso, ascese fino 0.045 (1). Il Seppilli considera il fenomeno o segno del tendine rotuleo come d'origine centrale, poichè, fra le altre ragioni, nel modificare l'attività funzionale del midollo egli avrebbe osservato con esperimenti che anche il tempo del fenomeno se ne risente. Dopo l'iniezione sottocutanea di 3 milligramma di ioscia-

(1) Seppilli, *Sul tempo dei reflessi tendinei negli alienati.* Rivista sperimentale di Freniatria. Anno VIII, 1882, fasc. 3.

Raccolgo in un prospetto le esperienze del Seppilli sopra alcune forme di malattie mentali:

TEMPO DEL FENOMENO DEL GINOCCHIO.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Esaltamento maniaco	0 032	0.032	0 034	0.038	—
Malinconia	0.032	0.032	0.033	0.034	0 038
Stupore	0 033	0 035	0.036	0.036	0 038
Pazzia pellagrosa	0.032	0 036	0.038	0.038	0.045
Epilessia	0 045	0.038	—	—	—

In due casi di paralisi spinale spastica e di mielite cronica, che esagerano l'eccitabilità del midollo, Tschirjew ottenne per la durata del reflesso 0.032 e 0.034.

E sopra due ammalati affetti di irritabilità spinale, il Ballet osservò una diminuzione di tempo (0.042) rispetto alla cifra normale già segnalata dal Brissaud.

Vedi: Tschirjew, *Ursprung und Bedeutung des Kniephänomens und verwandter Erscheinungen.* Archiv für Psychiatrie. Bd. VIII, p. 706. — Ballet, *Contributions à l'étude des réflexes tendineux.* Progrès médical, 1881, N. 41 e 42.

Digitized by Google

mina, la quale possiede speciale azione narcotica e rende le cellule dei centri spinali meno pronte all'eccitazione e meno atte al passaggio della corrente nervosa, la durata del reflesso tendineo aumenta di 6 millesimi di secondo. Analogamente l'applicazione di una forte scossa elettrica nella gamba eleva di 0.004 il tempo del reflesso, poichè è già saputo dalle indagini odierne fisiologiche che uno stimolo intenso periferico produce nei centri nervosi una specie di arresto incompleto nell'attività funzionale, e rende perciò più lento il passaggio alla diffusione degli eccitamenti successivi.

Di fronte a questi risultati sperimentali noi crediamo che le divergenze di interpretazione nello studio dei reflessi tendinei deriva per fermo in gran parte dal concetto, probabilmente erroneo, che sia possibile scomporre nei suoi fattori il decorso cronologico di un processo nervoso ed assegnare date quantità di tempo ai centri ed alle vie periferiche. Nell'esame delle varie percezioni ciascuno avrà potuto convincersi che è illogico smembrare ciò che in natura è unito, e che le ipotesi non debbono tener luogo dei fatti. Altrettanto dicasi dei fenomeni tendinei. Se la fisiologia e la clinica hanno provato che essi compionsi sotto il dominio dei centri spinali, per quale interesse costringiamo le cifre a rivelare più di quello che esprimono, e dai numeri dedurre la natura del fenomeno? È ufficio della critica e della logica porre in chiaro i termini del problema; e le opinioni che citammo dei vari sperimentatori varranno a dimostrare che sopra un solo elemento non conviene stabilire una dottrina fisiologica. Sotto questo punto di vista il Westphal ha ragione. Attenendoci alle misure del Brissaud od a quelle dell'Eulen-

Digitized by Google

burg, la durata media del fenomeno tendineo, qualunque norma cronometrica si segua per la velocità della corrente nervosa centripeta e centrifuga, se è, supponiamo, bastevole al compimento dell'intiero atto reflesso, rende però, in tanta piccolezza di tempo, molto variabili i singoli segmenti dell'arco e specialmente il segmento centrale o il tempo ridotto, che è il più importante e che presumibilmente deve essere abbastanza lungo. E ciò mostra ancora dippiù che fino a quando il problema della celerità non sia entrato in una fase, diremmo, matematica, anche quegli atti, i quali compionsi fuori della coscienza intelligente e volitiva, val meglio studiarli nella loro interezza, così come ci vengono offerti dalla natura, senza sottoporli a smembramenti artificiali, in cui la dissonanza delle opinioni supera la concordia.

Per noi sta fermo il fatto che i fenomeni tendinei, noverati tra i reflessi del midollo, hanno una durata brevissima in paragone degli atti psichici più elementari. La percezione di un eccitamento esterno qualsiasi, che colpisce i nostri organi di senso, occupa nella serie successiva del tempo un intervallo sempre maggiore di quello proprio a qualunque processo nervoso, che si produca senza il concorso dell'attività cosciente delle cellule cerebrali e nello schema più semplice delle vie anatomiche di riflessione.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO VI

I MODIFICATORI DEL TEMPO DI REAZIONE.

Finora abbiamo studiato il periodo di reazione nella sua forma, diremmo quasi, più naturale, cioè priva di qualunque influenza modificatrice, tanto nelle condizioni esterne che interne dell'esperimento. È mestieri adunque che ci interessiamo alcun poco dell'aspetto che assume la durata dei fenomeni mentali più semplici, quando l'atto medesimo di reazione debba compiersi sotto alcune circostanze ben definite.

Io chiamo « modificatori del tempo di reazione » le influenze, di qualunque natura esse siano, che, agendo sul meccanismo psichico, si fanno risentire sul decorso cronologico della percezione di ciascun individuo in particolare e degli individui in genere.

I modificatori, studiati secondo la loro origine e la loro indole speciale, ora consistono in quella somma di caratteri biologici, che permettono di distinguere gli individui

Digitized by Google

secondo i criteri, ad esempio, dell'età, del sesso, del grado sociale e via dicendo; ora in linea diretta dipendono dai cangiamenti, che sogliono avvenire nelle stesse condizioni interne del soggetto di esperienza; ora, infine, devonsi riferire alle proprietà degli agenti fisici esteriori. Quindi divido i modificatori in tre classi: 1.° *biologici* o *generali*; 2.° *psichici* propriamente detti; 3.° *fisico-chimici*.

Naturalmente si presume che cotesta divisione è un artifizio logico e non ha corrispondenza nella realtà: infatti, a non dire altro, ogni modificatore fisico-chimico è anche psichico. Noi non possediamo nessun carattere differenziale assoluto: solo può notarsi che i modificatori biologici producono effetti permanenti, poichè essi hanno radice nella costituzione stessa dell'individualità umana; mentre i modificatori psichici e fisici operano in maniera da cagionare mutamenti più o meno transitori nell'organismo mentale di ogni singola persona.

Alle tre classi infine si potrebbe aggiungere quella dei *modificatori patologici*, che è costituita dalle alterazioni degli organi nervosi centrali, delle vie conduttrici periferiche e degli apparecchi specifici di senso.

I.

Modificatori biologici.

Sopra questo primo gruppo di modificatori, la cui efficacia è della massima importanza, le osservazioni, a dir vero, non sono numerose. Tutti conoscono, e ciascuno può anche facilmente convincersene con i fatti, quanto sia grande il valore dei caratteri biologici per rispetto

Digitized by Google

all'apprezzamento dei fenomeni psichici; ma non abbiamo ancora sul decorso cronologico della percezione quella dovizie di esperimenti necessaria a formulare delle leggi generali con tutto il rigore scientifico. Esporrò tuttavia quel poco che si sa o si presuppone di sapere intorno all'influenza, che sulla durata del periodo fisiologico dispiegano la costituzione organico-psichica e il grado di coltura mentale degli individui, la razza, l'età e il sesso.

a) *Costituzione organico-psichica e grado di coltura.*

Che il tempo fisiologico dipenda anzitutto dalla costituzione o temperamento psichico dell'individuo è cosa che risalta agli occhi di ciascuno. Le attività percettive sono, in genere, differenti nei diversi individui; ma, tra le medesime persone, che hanno presso a poco un eguale coefficiente di reazione, v'è un punto in cui vien meno l'equivalenza o nel senso tattile, o nell'uditivo o nella vista.

Questo fenomeno credo sia meritevole di essere studiato.

Facendo una serie lunghissima di esperienze comparative tra me ed un mio amico, notai sempre che mentre le nostre cifre di reazione pel senso di contatto ed acustico differivano di pochi millesimi di secondo, invece i tempi fisiologici delle impressioni luminose erano quantitativamente molto dissimili. Un tal caso, ed altri che potrei citare, dimostrerebbero che negli individui, posti s'intende nelle medesime condizioni, non solo varia il potere percettivo generico, ma anche, se mi è lecito dire, il potere percettivo specifico.

Dalle esperienze intanto risulta che raggiungono il mi-

Digitized by Google

nimo del tempo di reazione e della più piccola differenza (1) coloro i quali sono maggiormente abituati a concentrare la loro attenzione ed a compiere movimenti decisi e coscienti. Per la qual cosa ho sempre trovato, e lo confermerebbero le indagini dell'Obersteiner, che nelle persone incolte il tempo di reazione è più lungo che nelle persone civili ed istruite.

L'opportunità di esaminare un grande numero di individui (studenti, medici, professori, gente di scarsa o di nessuna coltura di mente) mi ha reso convinto delle visibili variazioni quantitative, che si osservano nelle cifre psicometriche. Ed ho notato pure un fenomeno quasi sempre costante, cioè che negli individui appartenenti agli alti e ai bassi gradi sociali le piccole differenze si riscontrano più facilmente nella semplice durata di reazione agli stimoli acustici, mentre la diversità è massima e raggiunge anche i 100 e più millesimi di secondo nel periodo delle percezioni tattili. Quest'ultimo fatto è confermato dall'esperienza comune, la quale ci ammaestra, anche per altre

(1) Se in un momento *a* agisce uno stimolo sopra un organo di senso, ed in un momento *b* agisce un altro stimolo, può domandarsi: di quanto debbano essere vicini *a* e *b* fra di loro affinchè siano riconosciuti come non contemporanei?

Questo intervallo minimo si chiama *la più piccola differenza* (die kleinste Differenz).

Le impressioni possono agire o sui medesimi elementi sensori, o su elementi analoghi degli organi doppi, o finalmente sopra elementi di diversi organi di senso.

Exner, *Experimentelle Unters.* ecc. III Abh. Pflüger's Archiv, Bd. XI. p. 403.

Mach, *Untersuchungen über den Zeitsinn des Ohres.* Sitzungsber. der Wiener Academie der Wissenschaften, Bd. LI, p. 142.

Digitized by Google

vie, che l'educazione del senso tattile fisiologicamente e psicologicamente è più elevata nell'uomo civile.

b) *Razza.*

Nelle razze le divergenze debbono essere non lievi; e la misura degli atti psichici elementari in popoli per lingua, per coltura e per costumi diversi, sarà indice assai prezioso di una vera psicologia umana comparata.

Finora nessuna ricerca, a quanto sappia, è stata tentata nel dominio così ricco e così vasto dell'etnologia; e mentre gli studi psicofisiologici comparativi si estendono di giorno in giorno per la febbrile attività degli osservatori, e ne siano splendido esempio le indagini sul senso cromatico, è desiderabile che sul tempo dei fenomeni mentali semplici e composti si dia principio ad una larga serie di esperimenti, con i quali si dimostrerebbero i rapporti fra le razze, il clima e la velocità dei processi nervosi.

A me si è offerta l'opportunità di misurare la durata delle percezioni elementari degli stimoli tattili, acustici ed olfattivi in un giovane negro dell'Abissinia, che è stato educato ed istruito in Italia. Un sol caso certamente non è valevole a fornire un concetto, anche generico, delle attitudini psicologiche di una razza: ad ogni modo il raccogliere dei materiali è sempre cosa utile e necessaria.

Il giovane, di cui parlo, è diciasettenne, finì il corso ginnasiale ed ha intelligenza piuttosto vivace. Sebbene l'ambiente civile, nel quale è vissuto fin dall'infanzia, abbia in lui operato efficacemente, tuttavia i tempi di reazione, che quasi sempre erano preceduti da un segno di avvertimento, in paragone di quelli di altri individui della medesima età

Digitized by Google

e coltura mostrano qualche carattere particolare. Infatti, nelle durate delle varie percezioni le cifre medie, tranne le esperienze con gli odori, si avvicinano moltissimo e toccano quasi la linea normale; ma le cifre dei limiti estremi, qualunque sia la natura dello stimolo di senso, non eguagliano quelle proprie dei comuni periodi fisiologici. La differenza è visibilissima nelle reazioni dell'olfatto, che io provocai con l'essenza di garofano e con l'etere solforico. Ebbi inoltre ad osservare che nel giovane negro la energia dell'attenzione non è duratura: una causa lievissima bastava a distrarlo e ad innalzare rapidamente la curva psicometrica. L'esercizio però fu da lui acquistato subito fin dalle prime ricerche, sebbene a principio di ciascuna serie le reazioni per due o tre volte siano alquanto lunghe: questo fenomeno avviene di preferenza con gli stimoli acustici prodotti da semplice rumore. Una speciale educabilità egli mostrò nelle percezioni di contatto sul dorso della mano, poichè mentre nei primi saggi il ritardo è assai manifesto ed è troppo grande la differenza tra la massima e la minima, negli altri susseguenti si riduce il tempo medio di reazione e si fanno regolari i singoli valori numerici.

Ecco taluni esempi tra le molte esperienze compiute:

REAZIONI ACUSTICHE.

I.ª SERIE	Media 0,136	Massima	0.198
		Minima	0.119
II.ª SERIE	Media 0,133	Massima	0.180
		Minima	0.112

Digitized by Google

REAZIONI TATTILI.

I.ª SERIE	Media 0.188	Massima	0.274
		Minima	0.145
II.ª SERIE	Media 0.150	Massima	0.180
		Minima	0.128
III.ª SERIE	Media 0.156	Massima	0.197
		Minima	0.125

REAZIONI OLFATTIVE.

Etere	I.ª SERIE	Media 0.535	Massima	0.742
			Minima	0.401
	II.ª SERIE	Media 0.527	Massima	0.726
			Minima	0.343
Essenza di Garofano	I.ª SERIE	Media 0.814	Massima	1.217
			Minima	0.620
	II.ª SERIE	Media 0.674	Massima	0.894
			Minima	0.504

La diversità numerica nei risultati delle reazioni con l'essenza di garofano è spiegabile col fatto che nell'ultima serie fu molto accresciuta la quantità della sostanza eccitatrice; e lo stesso soggetto di esperienza potè apprezzare l'aumento dell'intensità col dire che percepiva meglio gli effluvii odorosi.

Questo breve saggio vale soltanto come prova dimostrativa del difetto di ogni notizia sui fattori etnologici del tempo di reazione. Nella stessa Europa non abbiamo in fondo che misure del tempo psichico sopra individui appartenenti ai popoli germanici e italiani; e parmi sul proposito non rispondente al vero l'opinione dell'Herzen,

Digitized by Google

il quale ha trovato che le sue cifre del periodo fisiologico sono più alte di quelle indicate dagli sperimentatori tedeschi, ossia che l'equazione personale ha realmente un valore numerico maggiore in Italia che in Germania.

c) *Età e sesso.*

L'età è in diretto rapporto con la durata del tempo fisiologico; ma cotesto rapporto oscilla entro certi limiti.

Nel periodo infantile, in cui l'evoluzione psichica segna i primi albori, i tempi sono lunghi: col crescere degli anni diminuiscono sensibilmente fino a raggiungere il loro minimo, per aumentare di nuovo quando cominciano a indebolirsi le forze mentali.

L'Herzen, sperimentando col semplice contatto al piede ed alla mano, confermò le relazioni del tempo fisiologico con alcune epoche della vita, e dà nei bambini fra i 5 e i 10 anni come media parziale la cifra di reazione 0.532 (1). Sebbene io non abbia fatto degli esperimenti in proposito, dirò che in un bambino di sei anni e di intelligenza vivacissima trovai un tempo fisiologico molto più piccolo. Infatti la media di 40 esperienze al contatto del dorso della mano sinistra è 0.376, ed i valori massimo e minimo sono rappresentati da 0.457 e 0.269.

Si confrontino queste durate con quelle dell'uomo adulto, e si vedrà quanta differenza esiste nella determinazione cronometrica dell'atto psichico il più elementare. Sopratutto si consideri, oltre all'altezza della media, l'altezza della cifra massima e della minima, la quale non ha ri-

(1) Herzen, *Il tempo fisiologico in rapporto all'età.* Archivio per l'Antropologia e la Psicologia comparata, Vol. IX, fasc. 3.°

Digitized by Google

scontro nelle reazioni più lunghe dell'età adulta. Anche considerati da questo aspetto, i fanciulli si avvicinano moltissimo agli imbecilli, e le esperienze, che ricorderemo in seguito, chiariranno mirabilmente le analogie che esistono fra lo stato di fanciullezza e quello d'imbecillità.

L'Herzen poi è d'avviso che se nei fanciulli la durata è più lunga che negli adulti, devesi alla scarsità o mancanza delle condizioni anatomiche necessarie, cioè di comunicazioni tra fibre e cellule nervose, per opera delle quali l'eccitamento possa venir trasmesso nell'indirizzo voluto. Più conforme al vero ed al linguaggio da noi usato ci sembra il dire che la cagione efficiente del fenomeno sia dovuta in gran parte all'intervallo psicofisico.

L'andamento delle vie nervose nel bambino non è così spianato e pervio alle onde sensitive e motrici come nell'adulto; ma bisogna considerare che, oltre al momento organico, vi è il momento psichico, ossia l'adattamento dell'attenzione, che nei fanciulli è appena sul primo apparire. Il lavorio percettivo, come ogni fatto naturale, si fa per gradi, per evoluzione, e sarebbe uno studio di grande interesse il misurare coi nostri mezzi d'indagine le attitudini mentali dell'uomo nella prima età, il perseguire nelle sue molteplici fasi la genesi e lo svolgimento completo delle percezioni. E v'ha dippiù. Pei sensi estensivi, e specialmente pel tatto, si potrebbe registrare il modo con cui si organizza, si educa e si integra l'abitudine discriminativa, il modo cioè con cui va componendosi quello che il Taine, con frase efficacissima, chiama « atlante tattile; » poichè, come vedremo, la percezione diviene anche più pronta se l'eccitamento esterno colpisce quelle parti, che sono meglio educate al giudizio di località.

Digitized by Google

Pel sesso non sembra essersi segnalato alcun carattere speciale nel decorso degli atti psichici. Ci vorrebbe una somma non piccola di esperienze per rintracciare qualche segno differenziale; e, malgrado io non abbia raccolto per questo scopo la quantità bastevole di osservazioni, posso dire che nei miei non pochi esami, a parità di condizioni nell'età, nel grado sociale e nella coltura, il periodo fisiologico tanto nell'uomo che nella donna presentò nelle medie presso a poco lo stesso andamento. Solo potrebbesi aggiungere che nell'uomo le singole cifre numeriche dei tempi si allontanano un po'meno le une dalle altre: la qual cosa è in diretta dipendenza dall'energia dell'attenzione.

II.

Modificatori psichici.

Meglio conosciuti ed apprezzati sono i modificatori psichici, tra i quali in primo luogo debbono mettersi l'attenzione e l'esercizio.

a) *Attenzione.*

Il regolatore massimo del tempo fisiologico è l'attenzione, la quale quanto più è viva, tanto più rende chiare le rappresentazioni mentali, abbreviando contemporaneamente la durata del loro passaggio nel punto visivo della coscienza.

L'attenzione è un fenomeno che rappresenta, per così dire, la visione diretta della percettività: infatti essa con-

Digitized by Google

siste in un indirizzo speciale o in un concentramento delle attività psichiche verso un punto del campo generico di percezione, per cui gli eccitamenti secondari, che per avventura potessero influire sul soggetto di esperienza, rimangono quasi inavvertiti. Si direbbe quindi che l'attenzione è una specie di energia inibitrice, per la quale si sopprimono gli effetti di qualsiasi causa esteriore o interna, che impedisce ad uno speciale fenomeno di essere appercepito. In ogni atto mentale appartenente al dominio della sensazione, della volontà, dell'intelligenza, esiste una potenza inibitrice, che è essenzialmente la stessa in tutti i casi. La repressione di atti reflessi provocata da un eccitamento sensitivo simultaneo e più intenso; la sospensione nel cerchio della volontà di un motivo per mezzo di un altro motivo più efficace, sono esempi che attestano un potere psichico moderatore, che trova la sua corrispondenza anche nella vita fisiologica, come nell'influenza del nervo vago sui movimenti del cuore.

Chi non ha l'abitudine di fermare la mente sulle rappresentazioni e le fa trascorrere non dispiegando sopra di esse cotesta specie di inibizione, qualunque sia la sua età, presenta tempi fisiologici assai lunghi. Il fatto è osservabile artificialmente con la distrazione, ma, più che altrove, è fuori misura esagerato, come vedremo, nelle forme psichiche degenerative, in cui la corteccia del cervello o per malattie acquisite o per arresto di sviluppo morfologico è ridotta ad organo povero di funzioni e quasi rudimentale.

A dir breve, alla cifra numerica, che rappresenta il periodo reattivo, può competere, come ho proposto, il titolo di « dinamometro dell'attenzione. » Una causa qualsiasi,

Digitized by Google

anche minima, la quale disturbi l'adattamento dell'attenzione ad uno stimolo esterno, produce subito un ritardo nel tempo fisiologico.

L'Obersteiner col suo « psicodometro » fece delle ricerche sperimentali per determinare l'influenza delle impressioni di varia natura sui processi psichici, e trovò sempre che la media ordinaria delle sensazioni acustiche accrescevasi di molto se, lungo la serie degli esperimenti, si producevano suoni musicali, o si invitava la persona a guardare dentro un caleidoscopio a figure cangianti, o le si eccitava un punto della pelle con la corrente faradica. Appena cessava la causa perturbatrice, la media di reazione discendeva alla cifra normale (1).

Il Wundt compì analoghe esperienze e rilevò alcuni fatti importanti.

Se quando deve registrarsi la durata psichica di un'impressione momentanea facciamo agire uno stimolo sensorio continuo, possono darsi due casi: o che lo stimolo appartenga allo stesso senso, o ad un senso diverso. Operando una causa perturbatrice omogenea, il ritardo d'ordinario è prodotto, in primo luogo, dal divagamento dell'attenzione, e poi anche dal fatto che lo stimolo, che deve essere percepito e registrato, sotto l'influenza della causa perturbatrice, ingenera un valore minimo di sensazione e quindi si avvicina al limine di eccitamento; però il ritardo sarà tanto più breve, quanto più forte è lo stimolo principale. Ma se l'impressione, cui deve reagirsi, appartiene a diverso dominio di senso, allora il ritardo è maggiore che nel primo caso: la eterogeneità dell'impressione

(1) Obersteiner, *Experimentale researches on attention* Brain, journal of neurology, january 1879, p. 439.

Digitized by Google

momentanea e dell'azione perturbatrice accresce più notevolmente il tempo fisiologico. In tutti e due i casi la cagione vera del ritardo è il divagamento dell'attenzione, minore nel primo, più grande nel secondo; poichè quivi, trattandosi di domini sensori distinti, il processo fisiologico nervoso, donde nasce la forza tensiva dell'attenzione, non dev'essere unico.

Così, per recare l'esempio dimostrativo, il Wundt, misurando in una prima serie il tempo di reazione al suono ed alla luce, e provocando in un'altra serie un rumore continuo mentre si percepivano le impressioni acustiche e luminose, ricavò i seguenti valori:

REAZIONE AL SUONO

	Media	Massima	Minima
Senza rumore simultaneo	0 158	0.206	0.133
Con rumore simultaneo	0 203	0.295	0.140

REAZIONE ALLA SCINTILLA ELETTRICA

	Media	Massima	Minima
Senza rumore simultaneo	0.222	0.284	0.158
Con rumore simultaneo	0.300	0.390	0.250

Il ritardo medio nel primo gruppo è di 0.045, e nel secondo di 0.078.

Potrei aggiungere a quelle dell'Obersteiner e del Wundt le mie esperienze tutte affatto analoghe. Dirò soltanto che negli imbecilli e negli idioti ottenni cifre altissime, che oltrepassavano uno, due o tre secondi, se durante i saggi con le impressioni acustiche ed elettro-cutanee producevo un rumore continuo. Il divagamento dell'atten-

Digitized by Google

zione era così grande che perdurava spesso nelle consecutive esperienze, in cui agivano le sole cause eccitatrici.

Provai anche di stancare l'attenzione degli individui normali in altro modo, cioè invitandoli, mentre erano intenti a percepire un fenomeno luminoso o tattile, a tener dietro alla lettura di qualche breve periodo. In questo caso non solamente il suono della voce era un elemento di disturbo, ma il significato delle parole da loro udite doveva agire in maniera conforme per distrarre l'attenzione.

I risultati furono variabilissimi, ed il ritardo sulla media normale da 40 a 50 millesimi, che fu il minimo, trascorse a 100 ed anche a 150.

Due sole serie di esperienze, che riproduco integralmente, saranno, credo, bastevoli a dimostrare le variazioni che subisce il tempo fisiologico nel senso tattile e visivo di chi deve porgere ascolto alla lettura di un frammento di pagina.

TEMPI DI REAZIONE.

Stimoli visivi	Stimoli tattili
0.170	0.148
0.157	0 133
0.256 (lettura)	0.241 (lettura)
0.177	0.152
0.221 (id.)	0.129
0.180	0.189 (id.)
0.169	0.161
0.301 (id.)	0.144
0.151	0.281 (id.)
0.167	0.149
0.319 (id)	0.226 (id.)
0 192	0.138

Digitized by Google

Con altri mezzi molto semplici ho potuto rilevare, sebbene in minori proporzioni, l'efficacia dell'attenzione sul tempo fisiologico. Basta che il soggetto di esperimento non sappia se deve reagire ad uno stimolo luminoso, acustico o tattile, perchè la cifra media aumenti di un tratto. È facile allora ravvisare nella fisonomia della persona un senso di inquietudine, il quale è generato, mi si permetta la frase, dallo smembrarsi dell'energia dell'attenzione, che vaga di qua e di là per sorprendere nei vari dominî di senso l'eccitamento esterno.

In altro modo può rendersi manifesta l'influenza grandissima dell'attenzione, cioè quando si conosce preventivamente l'istante, in cui lo stimolo deve prodursi.

I psicofisiologi hanno fatto notare, e ne abbiamo già tenuto discorso, che se un'impressione qualsiasi è conosciuta in precedenza sì per la sua qualità che per la sua intensità, ma ne è ignorato il momento in cui sarà per succedere, il periodo fisiologico possiede un certo valore, che è quello comunemente registrato dalle esperienze normali. Ma se l'eccitamento è aspettato e conosciuto anche pel tempo, allora la reazione diminuisce notevolmente e talvolta può ridursi fino a zero, poichè si mette in opera quella che il Wundt, con frase efficacissima, chiama tensione preparatrice dell'attenzione, la quale si adatta all'eccitamento in tal modo da ridurre ai minimi termini la durata dei processi psicofisici.

Il fenomeno può rendersi evidente nel far precedere alla comparsa dell'eccitamento un segnale qualsiasi; ed il Wundt, usando come stimolo sonoro la caduta di una palla da una determinata altezza, in una prima serie registrava il semplice tempo di reazione, ed in un'altra

Digitized by Google

serie di esperienze, prima che la palla cadesse, faceva produrre un rumore. Così egli potè ottenere le cifre seguenti:

Altezza della caduta		*Media*	Errore
25 c.m.	senza segnale	0.253	± 0.051
	con segnale	0.076	± 0.060
5 c m.	senza segnale	0.266	± 0.036
	con segnale	0.175	± 0.035

La differenza, come vedesi, è sensibilissima.

Il periodo fisiologico inoltre, si fa più piccolo col crescere dell'intervallo fra il segnale e l'eccitamento, e nello stesso tempo aumenta il valore relativo della variazione media.

Anch'io ho voluto istituire delle ricerche consimili, e mi è parso molto opportuno ripetere le esperienze già compiute dall'Hirsch con altro scopo (1).

Si tratta di percepire il passaggio di un corpo mobile innanzi ad una linea fissa: l'apparecchio che meglio si presta all'esperimento è il cronoscopo col suo quadrante inferiore. Seguendo con l'occhio l'indice nel suo rapido movimento, si cerca di segnare l'istante del suo passaggio

(1) Hirsch, *Chronoskopische Versuche über die Geschwindigkeit der verschiedenen Sinneseindrücke und der Nerven-Leitung.* Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, Bd. IX, p. 183.

Digitized by Google

sulle cifre **0** e **50**, che stanno ai punti estremi del diametro verticale della circonferenza (1).

Appena vedesi che l'ago oltrepassa la posizione verticale, si reagisce, e lo spostamento indica il tempo necessario alla percezione del passaggio. È naturale che in simil caso noi prepariamo l'attenzione e predeterminiamo il momento in cui l'indice toccherà il limite segnato.

Siccome le esperienze, compiute in giorni diversi, sono molte, così ho creduto opportuno disporle in gruppi seriali.

(1) L'Hirsch con queste ricerche volle tentare di avvicinarsi alle condizioni in cui trovasi l'organo visivo nelle osservazioni astronomiche, ed in media fra 61 esperienze impiegò 0.0769. — Evidentemente, egli dice, un simile passaggio si percepisce con maggiore rapidità di un fenomeno istantaneo, poichè di un corpo che trovasi in moto può anticiparsi l'istante del suo transito. Ma l'influenza del giudizio sulla percezione può anche spiegare perchè in cotali ricerche esista una certa insicurezza che è maggiore di quando si vede un oggetto luminoso subitaneo. L'Hirsch poi non crede di poter paragonare le osservazioni del passaggio dell'indice con quelle del passaggio di un astro dinanzi al filo del telescopio, non foss'altro per la forma del movimento, che è molto più rapida nell'ago cronoscopico: onde la necessità di costruire uno speciale apparecchio, che metta l'osservatore in condizioni quasi simili a quelle che accompagnano il fenomeno del passaggio di una stella. (Vedi: *Ueber persönliche Gleichung und Correction bei chronographischen Durchgangs-Beobachtungen*, ibid. pag. 200). E dalle cifre che egli riferisce, le quali sono più alte di 0.0769, ricavasi anzitutto che il tempo fisiologico aumenta col decrescere della celerità del passaggio.

Digitized by Google

QUANDO L'AGO OLTREPASSA LA CIFRA **50**

Quantità di tempo	Numero delle esperienze
Da 0.030 a 0.040	4
» 0.041 » 0.060	25
» 0.061 » 0.080	31
» 0.081 » 0.100	21
» 0.101 » 0.120	20
» 0.121 » 0.140	7

QUANDO L'AGO OLTREPASSA LA CIFRA **0**

Quantità di tempo	Numero delle esperienze
Da 0.030 a 0.040	—
» 0.041 » 0.060	9
» 0.061 » 0.080	22
» 0.081 » 0.100	24
» 0.101 » 0.120	11
» 0.121 » 0.140	6

Il lettore osserverá anzitutto che il periodo di reazione agli stimoli visivi è grandemente diminuito: pochissime esperienze, nel complessivo numero di cent'ottanta, sono comprese fra 121 e 140 millesimi di secondo. La massima parte oscilla fra 0.041 e 0.120.

Comparando peró le cifre ottenute nelle due posizioni dell'ago si nota che, relativamente, quelle di **50** hanno un valore più piccolo: infatti, mentre tra 0.041 e 0.060 è compreso $^1/_4$ delle esperienze appartenenti alla posizione **50** dell'ago, quelle della posizione **0** vi entrano per $^1/_8$; e nel gruppo 0.081 - 0.100, le prime sono rappresentate per $^1/_5$ e le altre per $^1/_3$.

Digitized by Google

Il fenomeno è spiegabile facilmente se si pensi che la posizione **0** è in alto della circonferenza, mentre la posizione della cifra **50** è in basso: onde il passaggio dell'ago, per la diversa attitudine funzionale dei vari segmenti retinici oggi sperimentalmente dimostrata, dev'essere percepito meglio quando cade sulla metà inferiore del campo visivo.

Infine, a convalidare sempre più la straordinaria influenza dell'attenzione, non sarebbero inutili alcune serie di esperimenti del Friedrich, il quale ebbe agio di osservare profonde differenze di quantità numeriche di tempo nelle semplici percezioni luminose, sol che i vari individui prestassero la loro abituale attenzione o si sforzassero insolitamente, con trasalimento contemporaneo anche dei muscoli del corpo, a percepire con la massima rapidità (1). Basta dare un'occhiata al prospetto, dove le parole « massimo » e « normale » indicano i due gradi di sforzo dell'energia attentiva:

SFORZO DELL'ATTENZIONE	I		II		III	
	Mass.	Norm.	Mass.	Norm.	Mass.	Norm.
	0.155	0.223	0.111	0 220	0.144	0.162
	0.142	0.171	0.109	0.225		
		0 193				
		0 193				
	0.133	0.185	0.109	0.200	0.098	0 129
		0.180		0.192		0.135
		0.225		0.261		0.147

(1) Friedrich, *Ueber die Appercepitionsdauer bei einfachen und zusammengesetzten Vorstellungen.* Wundt's Philosophische Studien, I Bd., 1881, p. 49.

Digitized by Google

b) *Esercizio.*

Dopo l'attenzione, l'esercizio ha una parte notevolissima nella durata degli atti psichici.

Gli osservatori, non potendone mettere in dubbio l'efficacia, convengono nel dire che sia necessario un certo grado di esercizio per istituire e paragonare fra loro le esperienze: se non che per alcuni l'esercizio ha un valore massimo, per altri un valore relativamente minimo.

L'Exner accetta senza riserve il postulato che il tempo di reazione decresce col continuo esercizio e lo convalida con l'autorità del Wolf e con l'esempio abbastanza raro di un vecchio, nel quale, dopo alcuni mesi, il tempo di reazione da 0.995 discese a 0.186, cioè si fece 5 volte più piccolo. Altri, come il Wundt, il Kries, l'Auerbach, il Friedrich, ecc., sostengono che nel semplice tempo fisiologico l'esercizio ha poca parte, mentre la sua influenza è molto più valida ed appariscente negli atti psichici complessi, ad esempio, il discernimento dei colori e la formazione delle imagini dei numeri. Tostochè si comprende il meccanismo della reazione, l'esercizio ha percorso la sua orbita e tocca i suoi limiti possibili; ed una volta che sia stato raggiunto per un senso, non è necessario che si acquisti per gli altri, poichè lo esercizio non contiene alcun che di specifico.

A me sembra intanto che la fisiologia dell'esercizio sia molto complessa, e debbano ravvisarvisi due aspetti: lo aspetto meccanico e l'aspetto psicologico.

L'abitudine non solamente vale a spianare le vie nervose, a collegare una data impressione con un dato mo-

Digitized by Google

vimento, a rendere più facili e più pronte le contrazioni dei muscoli, ma sovratutto serve ad educare l'attenzione, ed è qui il segreto della sua potenza. Una persona esercitata reagisce in un tempo minore di un'altra che abbia fatto poche esperienze: la prima conosce meglio il meccanismo della reazione e sa imprimere alla energia della sua attenzione quel tale adattamento necessario a vincere gli ostacoli ed a favorire l'ingresso dello stimolo esterno nel punto di mira della coscienza. Oltre a ciò, nelle persone, in cui non siano mai state intraprese delle ricerche, le cifre di reazione della stessa serie impiccoliscono sensibilmente: le prime sono alte, le ultime più brevi. Le oscillazioni tra i singoli valori di reazione variano nei diversi individui, e, per la medesima persona, nei diversi sensi. Le differenze poi nelle medie delle varie serie di individui nuovi all'esperimento da 10 - 15 millesimi di secondo, che è il minimo, si estendono a 30 - 40 e più.

Se, acquistato un certo esercizio, continuansi le ricerche sperimentali sopra una persona, il tempo fisiologico va tuttavia accorciandosi in modo lentissimo, e il decremento dell'atto percettivo non deve, come credono il Dietl e il Vintschgau, essere attribuito ad altre cause accidentali della vita giornaliera, che preponderano sulla causa vera, che è l'esercizio.

Ma quando le esperienze saranno state ripetute e le cifre di reazione oscilleranno fra limiti assai ristretti, allora non è più osservabile un'ulteriore e palese influenza dell'esercizio, ed in questo punto l'osservatore deve cogliere la cifra media, che rappresenta la misura esatta della equazione personale. Un esempio chiarirà la mia idea. — Sopra un individuo, già abituato alle ricerche,

Digitized by Google

ottenni, sperimentando col semplice contatto sulla punta del dito e sul dorso della mano sinistra, le seguenti medie:

Punta del dito	Dorso della mano
0.144	0.150

Continuando le esperienze nello stesso giorno e nei giorni successivi il tempo fisiologico decrebbe, fino a che la media raggiunse nelle ultime serie un valore, che, attesa la minima piccolezza delle oscillazioni, può chiamarsi costante. Allora mi parve di ravvisare in quelle cifre l'espressione genuina del tempo fisiologico, e segnai come media normale i valori ottenuti, che furono questi:

Punta del dito	Dorso della mano
0.136	0.138

Non di raro, anche in persone che hanno compiuti molti saggi sperimentali, vien fatto di vedere che la prima osservazione tanto di una serie, quanto di un gruppo dia tempi più lunghi: di essa non bisogna tenere alcun conto, e dobbiamo spiegarcela necessariamente ammettendo che l'attività percettiva non aveva concentrato nel modo opportuno la sua tensione e che il corpo non si trovava in quella posizione voluta pel migliore successo della ricerca. È possibile inoltre che, dopo di avere acquistato il massimo esercizio, facendo in un giorno due serie d'esperienze comparative sopra lo stesso organo di senso, succedano questi tre casi: o che la media della seconda serie sia eguale alla prima, o che sia più alta, o che sia più breve; ma studiandovi bene attentamente, le variazioni negli ultimi due casi riescono in fondo così piccole da essere

Digitized by Google

trascurate. Interrompendo le esperienze e riprendendole dopo molti giorni od anche dopo qualche mese, occorre spesso di vedere elevata la cifra media di reazione: tuttavia questo è un fenomeno passeggiero. La durata del tempo si fa subito normale, poichè le traccie già divenute organiche dell'esperienza non si cancellano del tutto e bastano pochi saggi sperimentali per rivivificarle. Qui è proprio il caso di dire con l'Hering che la sostanza nervosa conserva fedelmente il ricordo di funzioni spesso esercitate.

Nell'esercizio pertanto noi riconosciamo un valore intrinseco, e le misure di qualsiasi processo psichico, fin del più elementare, devono essere prese dalle medie presso a poco costanti. Una conchiusione sui rapporti di tempo degli atti mentali sarà disforme dal vero se non è dedotta da circostanze identiche, vale a dire dal maggiore esercizio raggiunto. E questa regola si applica tanto ai diversi organi di senso, quanto alle diverse parti di un medesimo organo.

Gli studi comparativi sulla velocità delle varie percezioni sono valevoli sol quando mettiamo gli apparecchi sensori nelle eguali condizioni di esercizio. Non è conveniente il giudicare da un primo saggio le cifre già ottenute con l'azione di stimoli luminosi o tattili, ed incorreremmo in gravi errori se volessimo da quello ricavare un corollario; poichè nel primo saggio non si può rendere manifesta la speciale fisonomia del tempo di reazione ad ogni particolare eccitamento. Bisogna che le cifre siano paragonate secondo il massimo esercizio, cioè in quel momento in cui le oscillazioni svaniscono ed i risultati si rendono quasi costanti. Si vedrà allora che l'esercizio,

Digitized by Google

variabile sempre con gli individui, è diverso secondo gli organi di senso. L'orecchio, per esempio, non ha lo stesso coefficiente dell'occhio. Per numerose esperienze fatte sopra me ed altri, ho potuto notare che i tempi di reazione diminuiscono relativamente dippiù nelle impressioni di contatto che in quelle visive ed acustiche. Non so se trattasi di potere specifico dell'esercizio: a me preme segnalare il fatto e rimanere nei confini di esso per non trascendere ad alcuna ipotesi. Anche per uno stesso organo di senso, come la pelle e l'occhio, il valore di ogni ricerca comparativa, che mira a studiare la dipendenza o la indipendenza del periodo di reazione dai vari punti cutanei o dai diversi segmenti retinici eccitati, poggia tutto quanto sulla costanza delle cifre, la quale poggia a sua volta sul massimo esercizio. Se la punta del dito o la regione inferiore della retina danno minori tempi di reazione ai loro stimoli omologhi che la fronte o la parte superiore dell'espansione retinica, ciò non può risultare da un primo saggio di ricerche: è necessario moltiplicare le esperienze, rafforzare l'esercizio, perchè alle nostre cifre non sia negata la loro genuina importanza.

Non posso chiudere questo breve paragrafo sull'esercizio senza ricordare alcune cose, che riguardano in via diretta l'ultimo fattore del tempo fisiologico, cioè la reazione motrice propriamente detta.

L'energia dell'attenzione è, come vedemmo, causa essenzialissima della brevità nella durata degli atti psichici: ad essa però bisogna che sia accoppiata una certa facilità e rapidità del meccanismo motore. Quest'ultima condizione da sè sola non basta, perchè l'Herzen ha potuto

Digitized by Google

vedere sopra alcuni prestigiatori giapponesi di straordinaria lestezza di mano e di piede che essi reagivano più lentamente della media degli adulti europei.

Egli è certo nondimeno che il modo di reagire ha un importanza notevole per doppio aspetto, sia che si riguardi agli apparecchi muscolari che devono eseguire il movimento, sia che si consideri il mezzo meccanico, col quale si dà il segnale della percezione.

L'Exner ha notato sopra di sè che il periodo fisiologico allo stimolo elettrico sopra la mano destra, che reagisce, sopravvanza di 0.014 la durata della percezione del medesimo stimolo applicato sulla mano sinistra. Forse la causa del fenomeno sarebbe dovuta al grande esercizio, poichè l'Exner erasi abituato per molteplice quantità di prove a sentire lo stimolo a sinistra ed a reagire con la destra e riescivagli quasi insolita la disposizione inversa. A fine di chiarire il problema egli fece delle ricerche comparative sopra un individuo, che era nuovo del tutto alle esperienze psicometriche, e trovò che, sempre reagendo con la mano destra, l'eccitazione a sinistra è anche percepita con una differenza in meno di 0.0088: cosicchè la vera causa del fenomeno, secondo l'Exner, starebbe riposta nel fatto che riesce alquanto difficile adattare l'attenzione sulla stessa zona del corpo per sentire lo stimolo ed eseguire il movimento.

Le mie esperienze confermano pienamente i risultati dell'Exner, e credo superfluo riferire delle cifre. Aggiungo anzi che agli eccitamenti visivi, acustici e tattili della fronte e della lingua, il tempo di reazione segnalato col movimento della mano destra è più breve quasi sempre di 0.005 a 0.010 di quello che si ottiene quando l'individuo

Digitized by Google

deve reagire con la mano sinistra: e ciò per me è dovuto esclusivamente al maggiore esercizio che possiede la mano destra in tutte le funzioni di movimento.

Per riguardo poi al mezzo meccanico, col quale la nostra mano o per via grafica o per via cronoscopica registra la percezione già avvenuta, ricorderò soltanto alcune esperienze dello Schiff e del Tacchini, dalle quali risulterebbe che non è affatto trascurabile la natura dei congegni che si adoperano nelle osservazioni astronomiche e fisiologiche. Così, ad esempio, messi in confronto il tasto telegrafico, l'astronomico e quello a scatola costruito dal Secchi, si osserva una certa differenza nei tempi di reazione, che raggiungono il minor valore quando sia adoperato l'ultimo congegno, col quale è resa più facile la contrazione muscolare. Inoltre sono relativamente più piccole anche le variazioni od errori medi (1).

(1) Tacchini, *Sulla equazione personale.* Rivista sicula di scienze, lettere ed arti. Anno I, vol. 2°, p. 382.

Tutti conoscono che cosa sia il tasto telegrafico. Il tasto astronomico consiste in un bottone che si tiene fra l'indice e il medio ed è premuto dal pollice. Col tasto a scatola od a libro del Secchi il circuito elettrico vien chiuso stringendo le quattro dita della mano.

Le esperienze di Schiff con eccitazione elettrica dell'apice della lingua dànno i seguenti valori:

	Media	Errore
Tasto telegrafico	0.156	± 0.023
Tasto astronomico	0.164	± 0 016
Tasto a libro	0.130	± 0 010

Le esperienze del Tacchini con l'eccitazione luminosa della stella artificiale dell'apparecchio di Wolf, col quale si ha il vantaggio di avvicinarsi alle osservazioni proprie astronomiche, darebbero queste cifre:

Tasto astronomico	0.172	± 0.027
Tasto a libro	0 163	± 0.016

Digitized by Google

c) *Stanchezza.*

La stanchezza, com'è facile a prevedersi, produce effetti inversi dell'esercizio e si fa risentire più fortemente sugli atti psichici complessi che sovra il semplice periodo fisiologico. Si direbbe quasi che la stanchezza agisce nello stesso modo delle cause fisiche perturbatrici, di cui abbiamo parlato: onde la cifra di reazione presenta un aumento più o meno notevole.

Sempre dopo una lunga serie di esperienze si riscontrano negli ultimi valori numerici gli effetti visibili della stanchezza, poichè l'attenzione, come ogni altro processo fisiologico dell'organismo, non può mantenere per molto tempo sempre allo stesso grado di forza la sua energia tensiva.

Siffatto fenomeno è stato confermato da tutti gli osservatori, i quali naturalmente escludono dai risultati definitivi ogni elemento che possa indicare l'influenza della stanchezza e dispongono le esperienze in modo che l'attenzione del soggetto non si affatichi oltre misura. Basta non accumulare di soverchio la quantità delle prove, e fra l'uno e l'altro saggio interporre dei momenti di pausa.

Dirò infine che anche le energie motrici, quando si sottoponga un individuo a un grande numero di esperienze, possono stancarsi, e ciò si osserva nella lentezza dei movimenti di reazione. I vari organi di senso non hanno poi, a me sembra, la medesima suscettibilità a subire l'influenza della stanchezza: l'odorato, per esempio, è fra gli organi che si affatica più facilmente e più intensamente.

Digitized by Google

Sopra un individuo, sperimentando con l'essenza di garofano, ottenni le cifre già conosciute:

Media	0 289
Minima	0.193
Massima	0.417

Il gruppo tipico normale delle esperienze è compreso fra 0.220 e 0.320.

Volli continuare le ricerche, malgrado la persona dicesse di sentirsi stanca, e raccolsi soltanto poche cifre, le quali rappresentano la durata della percezione avvenuta sempre durante l'atto inspiratorio:

0 443
0.468
0 511
0.551
0.530

La differenza fra le due serie di esperimenti è visibilissima e non ha bisogno di essere dimostrata nei suoi particolari.

d) *Stati psichici e fisici dell'organismo.*

È un fatto degno di nota che il tempo di reazione si modifica col modificarsi delle condizioni psichiche e fisiche dell'organismo.

Dopo un'emozione d'indole depressiva il tempo fisiologico cresce non solo durante alcune ore, ma prolunga il suo aumento talvolta per qualche giorno. Il Dietl e il Vintschgau hanno avuto opportunità di studiare il

Digitized by Google

fenomeno: nel primo la differenza dalla media normale è compresa fra un massimo di 0.027 ed un minimo di 0.011; nell'altro la differenza tra la media normale e la media delle serie ottenute dopo l'azione del sentimento deprimente è rappresentata da 20 millesimi di secondo.

In simili casi l'attenzione non si adatta nella giusta misura alle esigenze dell'esperimento: una forza maggiore, perturbando il congegno percettivo, fa pervenire con ritardo nel punto di mira della visione interiore l'eccitamento esterno, di cui si rallenta anche il passaggio nelle vie dei centri motori.

Lo stesso fenomeno, a tratti esagerati, troviamo in quello stato morboso della mente, che è contradistinto dal predominio di sentimenti tristi. Quivi la patologia conferma e chiarisce viemeglio il dato fisiologico.

Ho avuto agio di misurare la durata di reazione in soggetti malinconici, i quali danno il segnale con la mano dopo un intervallo, che spesso supera il doppio e il triplo della media normale; ed il ritardo è dovuto specialmente al fatto che sul campo del pensiero di questi poveri ammalati signoreggia un gruppo di sentimenti e di idee oppressive, al cui prepotente dominio è difficile che si sottraggano. La forza volitiva necessaria al concentramento dell'attenzione è perturbata, e quindi le medie sono alte con massime e minime fra loro oscillanti. Ma se per alcun poco si riesce a deviare la loro attenzione dal concentramento malinconico, la cifra di reazione si abbassa e si avvicina alla norma: la qual cosa, come dimostrerò in seguito, contradistingue alcune forme di malattie mentali da quelle altre, in cui, per grave degenerazione organica delle cellule cerebrali o per incompleto sviluppo funzio-

Digitized by Google

nale degli organi centrali, il lavorio percettivo è affievolito od appena manifesto.

Anche un dolore fisico è capace di aumentare la durata del tempo fisiologico. Così l'Obersteiner in una donna, che ordinariamente agli stimoli acustici reagiva in 0.134, osservò, mentre essa era in preda ad una cefalea non molto forte, la media elevarsi a 0.175 e la cifra massima raggiungere il valore di 0.252, che è superiore di 100 millesimi della cifra massima normale.

In quel giovane negro, che fu oggetto di molte esperienze psicometriche, osservai pure lo stesso fenomeno con una coincidenza numerica quasi perfetta. Un giorno, in cui egli si lamentava di un senso di torpore doloroso alla testa ed era affetto da leggiero movimento febbrile, volli misurare la durata delle percezioni acustiche, le quali avevano dato sempre un indice pressochè costante. E le cifre offertemi da 30 esperienze toccano una media di 0.165 ed una massima di 0.263. Ponendo queste quantità in confronto con le omologhe di una serie di ricerche fatte il giorno innanzi, si osserva una differenza che nelle medie è rappresentata da 0.032 e nelle massime da 0.083.

Se il dolore fisico impedisce all'attenzione di tener dietro ad un fenomeno esterno, egli è perchè, a dire del Maudsley, il centro sensorio stimolato anormalmente esercita un'efficacia inibitrice sopra i centri cerebrali superiori.

Un effetto inverso avrebbe l'eccitamento del corpo, il quale, a quanto pare, abbrevia la durata di reazione. Camminando con passo affrettato, e poi sottoponendosi al saggio sperimentale, si ottengono tosto delle cifre medie più piccole per parecchi millesimi della media ordinaria. Il Vint-

Digitized by Google

schgau osservò il suo tempo diminuire di 0.012, ed in me stesso ho potuto constatare un leggiero decremento di 5 millesimi.

Quivi la causa efficiente è la maggiore attività del circolo, e per conseguenza la maggiore vivacità assunta dai processi fisiologici dell'organismo, che entra in uno stato di eccitamento.

Nello stesso senso influirebbe il lavoro mentale precedente, purchè non sia stato così lungo e forte da stancare l'attenzione.

III.

Modificatori fisico-chimici.

In questo gruppo di modificatori comprendo: l'intensità e la qualità degli stimoli, gli alimenti nervosi, le sostanze farmacologiche e la temperatura dell'ambiente esterno.

a) *Intensità degli stimoli.*

Egli è certo che esiste una legge costante di dipendenza fra il tempo fisiologico e l'intensità dello stimolo.

L'equazione personale si abbrevia quanto più energica è la forza viva, che opera sull'apparecchio periferico di senso e, per via dei nervi, sugli organi centrali della coscienza. E non solo diminuisce la durata media, ma impiccoliscono sensibilmente le oscillazioni tra le singole esperienze ed è fatta palese in modo non dubbio la sicurtà precisa con la quale si reagisce.

L'Exner, per dimostrare come i limiti d'errore e la durata del tempo fisiologico decrescano aumentando l'in-

Digitized by Google

tensità dello stimolo, presenta una serie di ricerche comparative che qui riproduco (1).

Una scintilla elettrica, di variabile grandezza, scoppia nello spazio oscuro: il movimento di reazione viene eseguito con la mano.

Larghezza della scintilla	Media del tempo di reazione	Errore
a 0.5 mill.	0 1581	± 0.0125
1 »	0 1502	0.0122
2 »	0.1479	0.0084
3 »	0.1483	0.0056
5 »	0.1384	0.0097
7 »	0.1229	0.0004

Il Wundt ha pur egli rilevato questo rapporto tra stimolo e reazione col mezzo dei suoni, i quali si prestano facilmente allo scopo per l'agevolezza con cui può essere graduata la loro intensità. Nondimeno per le differenze minime di intensità sembra che questa legge del decremento del tempo fisiologico non sempre si avveri. Tra limiti molto stretti l'efficacia della forza eccitatrice, a giudizio del Wundt, è insignificante rispetto all'influenza dell'attenzione, la quale si rende manifesta nella grandezza relativamente notevole degli errori medi.

Le esperienze del Wundt sono eseguite sopra diversi individui con una palla del peso di 15 gr. che cade sopra una lastra, e con un martello elettro-magnetico.

Secondo l'altezza, dalla quale cade la palla o il martello, cangia l'intensità del suono (2).

(1) Exner, *Experimentelle Untersuchung*, ecc. Erste Abh.

(2) Wundt, *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, Bd. II, p. 225.

Digitized by Google

I.

Altezza del martello	Media del tempo di reazione	Errore
1 mill.	0.217	± 0.0220
4 »	0.146	0.0270
8 »	0.132	0.0114
16 »	0.135	0 0275

II.

Altezza della palla	Media del tempo di reazione	Errore
2 cent.	0.161	± 0.024
5 »	0.176	0.024
25 »	0.159	0.030
55 »	0.094	0.026

Gli esperimenti del Wittich, dell'Hirsch e quelli del René (1) con l'eccitamento elettrico confermano il

(1) Il René (l. c.) eccita con l'apparecchio a slitta del Du Bois-Reymond l'indice della mano sinistra e la persona reagisce col pollice destro:

Intensità dello stimolo	Tempo di reazione
a 30°	0.248
31°	0.236
32°	0.232
33°	0.196
34°	0.192
35°	0.196
36°	0.172

Non farà meraviglia se la cifra corrispondente allo stimolo di grado 35 è un pochino più alta della precedente: ciò devesi alla stanchezza dei nervi durante le esperienze.

Digitized by Google

rapporto di dipendenza tra l'intensità dello stimolo e il tempo fisiologico. Agli stessi risultati giungono il Kries e l'Auerbach applicando gli elettrodi della corrente faradica sulla superficie dorsale dell'ultima falange del dito medio sinistro. Però, a loro avviso, nella ricerca di questa dipendenza fra stimolo e reazione, bisogna far uso di correnti faradiche molto intense e molto deboli, cioè dolorose da un lato ed appena avvertibili dall'altro (1).

Ma la migliore e più chiara prova è fornita dalle esperienze del Vintschgau e dell'Hönigschmied.

Eccitando con gli elettrodi l'apice della lingua e la punta del dito medio destro, nel suo lato volare, in due persone, a seconda che lo stimolo è di modica o di forte intensità, si ottengono cifre di reazione diverse. Quivi del pari, come tra i primi aveva osservato l'Exner, non solo si accorcia la durata del tempo fisiologico, ma diventano assai piccoli i limiti d'errore delle singole ricerche, e quindi si fanno tanto più brevi le differenze nelle medie di ciascuna serie di osservazioni, quanto più viva è la forza di eccitamento (2). Così, sull'apice della lingua con una corrente debole si hanno le seguenti reazioni:

I.	0.1774
II.	0.1515

mentre con uno stimolo più intenso le cifre di reazione diventano più piccole:

I.	0.1304
II.	0.1239.

(1) Kries u. Auerbach, *Die Zeitdauer einfachster psychischer Vorgänge*. Archiv für Physiologie, 1877, p. 297.

(2) Vintschgau u. Hönigschmied, *Versuche über die Reactionszeit einer Geschmakcsempfindung*, II. Theil. Pflüger's Archiv, Bd. XII, p. 87.

Digitized by Google

Dello stesso modo sulla punta del dito medio i valori numerici presentano un decremento visibile:

	Reazione allo stimolo debole	Reazione allo stimolo forte
I.	0 1747	0.1365
II.	0.1499	0.1262

Le mie esperienze con gli eccitamenti luminosi, tattili ed olfattivi confermano pure la legge di dipendenza.

Ho preferito, per una pronta percezione della intensità del fenómeno ottico, di fare delle ricerche comparative tra una scintilla elettrica della lunghezza di tre millimetri e la viva illuminazione della parte mediana di un tubo di Geissler.

La scintilla elettrica scoppiava dentro un piccolo cannello di vetro per impedire la propagazione del rumore: le due estremità del cannello, nel quale penetravano le punte degli elettrodi, erano perfettamente chiuse in guisa che la persona di esperimento potesse percepire soltanto l'impressione luminosa senza bisogno di turare le orecchie con cera, come hanno fatto il Kries e l'Auerbach. È condizione indispensabile che non sia udito lo scoppio della scintilla, poichè, producendosi il fenomeno nello spazio libero, si resta indecisi se allo stimolo acustico devesi attribuire la durata di reazione. E sembra infatti, anzi è certo, che, in simili casi, essendo molto breve il valore della reazione, noi misuriamo un coefficiente sonoro piuttosto che un coefficiente luminoso. La prova è fornita per un lato dalla esperienza comune che la reazione acustica è più breve della visiva, e poi dall'esperienza particolare che, escludendo con qualunque mezzo ogni possibile propagazione di suono, le cifre dapprima piccole aumentano di quantità considerevole. Inoltre è già noto il fatto stu-

Digitized by Google

diato dall'Exner, il quale trovò che due eccitamenti, uno acustico ed uno visivo, sembrano avvenire contemporaneamente, se in realtà lo stimolo ottico precede l'altro d'un tempo oscillante fra i 24 ai 28 millesimi di secondo.

Nelle tavole seguenti sono indicate le medie dei tempi di reazione di varie persone all'eccitamento luminoso provocato dalla scintilla ed a quello prodotto dal tubo di Geissler. Vi si trovano segnate il numero delle esperienze, le cifre massime e minime di tutta la serie e le loro differenze.

SCINTILLA DI 3 MILLIMETRI

Nome	Numero delle esperienze	Media del tempo di reaz.°	Massima	Minima	Differenza tra la Massima e la Minima
T.	45	0.179	0.219	0.151	0.038
Tr.	50	0.200	0 241	0 160	0 031
L.	50	0.180	0.221	0.146	0.075
B.	50	0.168	0.194	0.139	0.055

TUBO DI GEISSLER

Nome	Numero delle esperienze	Media del tempo di reaz.°	Massima	Minima	Differenza tra la Massima e la Minima
T.	45	0.153	0.179	0.141	0.038
Tr.	50	0.170	0.194	0.137	0.057
L.	50	0.167	0 190	0.149	0.041
B.	50	0.151	0.166	0.133	0.033

Digitized by Google

I risultati mi paiono così evidenti, che credo superfluo dimostrarli.

Nelle sensazioni tattili per corrente faradica, sviluppata dall'apparecchio a slitta del Du Bois-Reymond, ho scelto la punta del dito medio sinistro nel suo lato volare e la superficie dorsale del metacarpo dello stesso dito, ed ho graduato la corrente in modo che si potessero avere tre sensazioni distinte: una di formicolio o di leggiera puntura chiaramente avvertibile, un'altra più intensa ed un'ultima a tal punto da rendersi dolorosa.

Chiamerò, per intenderci meglio, i tre gradi d'intensità dell'eccitamento col nome convenzionale di minimo, medio e massimo.

Delle molte serie di esperienze, tutte concordanti nello stesso senso, riferirò quelle che mi sembrano più caratteristiche, avvertendo di essere state istituite in individui già avvezzi per numerosi saggi a questo genere di ricerche e ripetute parecchie volte nel corso di alquanti giorni (1).

(1) In una persona, che per la prima volta si sottoponeva all'esperimento, ottenni le seguenti reazioni allo stimolo elettrico sul polpastrello del medio sinistro:

	Media	Massima	Minima
Eccit. minimo	0.135	0.220	0.143
» medio	0.143	0.166	0.115
» massimo	0.139	0.155	0.117

Qui la diminuzione del tempo di reazione non solo va dovuta alla crescente intensità dello stimolo, ma pure all'aumento dell'esercizio.

Digitized by Google

Riassumo gli esperimenti in queste tavole:

R. Eccitamento elett. al dorso del metacarpo del dito medio	Intensità dello stimolo	Media del tempo di reaz.°	Massima	Minima	Differenza
	Minima	0.159	0.201	0.131	0.070
	Media	0 141	0.169	0.124	0.045
	Massima	0.126	0.146	0.110	0.036

L. Eccitamento elett. alla punta del dito medio	Intensità dello stimolo	Media del tempo di reaz.°	Massima	Minima	Differenza
	Minima	0.148	0.178	0.130	0.048
	Media	0.126	0.149	0.111	0.038
	Massima	0.114	0.131	0.100	0.031

T. Eccitamento elett. alla punta del dito medio	Intensità dello stimolo	Media del tempo di reaz.°	Massima	Minima	Differenza
	Minima	0.143	0.169	0.112	0.057
	Media	0.129	0 152	0.118	0 034
	Massima	0.124	0.141	0.109	0.032

Le tavole esprimono abbastanza chiaramente l'efficacia che spiega sull'atto percettivo la crescente intensità dello stimolo, la quale, nell'abbreviare il tempo fisiologico, rende pure meno sensibili le differenze che passano tra le cifre massime e le minime.

Non pertanto m'accadde qualche volta, aumentando di pochi gradi l'intensità stimolatrice massima della cor-

Digitized by Google

rente, di vedere leggermente accresciuto il tempo fisiologico. Il fenomeno non sembrerà strano se si riguardi a due condizioni, le quali credo siano sufficienti per ispiegarlo, cioè che il numero dei saggi fu pochissimo relativamente agli altri, e, sovratutto, che il soggetto di esperimento era dotato di squisita sensibilità ed un'impressione così forte cagionavagli molto dolore. Egli faceva il movimento di reazione con la mano destra dopo di avere allontanato, quasi per paura, la mano sinistra dagli elettrodi. Questo fatto confermerebbe l'opinione del Wundt, il quale pensa che se lo stimolo è talmente intenso da produrre spavento, il periodo fisiologico si fa più lungo: di modo che, secondo lui, all'altezza massima dell'eccitamento (Reizhöhe) non corrisponderebbe il minimo tempo di reazione. La durata della sensazione è raffigurata da una curva ascendente, che ad un certo punto declina: la curva comincia ad innalzarsi non appena l'eccitamento oltrepassa il così detto valore della soglia o il minimo percettibile, e ciò perchè l'attenzione si dispone ad un migliore adattamento verso lo stimolo esterno; ma quando lo stimolo, come quello della corrente elettrica, tocca un dato limite di intensità, per lo spavento ingeneratosi, vien rotto l'equilibrio dell'attenzione, e la curva per conseguenza discende.

L'Exner, per contrario, è d'avviso che, sebbene sia difficile eseguire degli esperimenti che provochino la paura, nondimeno volontariamente si può mettere l'individuo in uno stato che sia, per così dire, prossimo allo spavento. Allora si prova un eccitamento caratterizzato da energica tensione dei muscoli, cosicchè basta un minimo impulso per generare delle violenti commozioni in tutto il corpo;

Digitized by Google

e l'Exner in siffatto stato offre delle cifre più piccole di quelle ottenute nelle ricerche comuni.

Attese le difficoltà sperimentali, per fermo non gradevoli, la questione rimane insoluta. Soltanto nel fare delle esperienze con l'eccitamento elettrico sopra gli imbecilli e gli idioti ho potuto vedere che, aumentando d'un tratto l'intensità dello stimolo, la reazione immediatamente consecutiva era lunghissima, ma tosto le cifre diventavano minori. Il ritardo dovevasi alla sorpresa cagionata dal mutamento rapido ed intenso dello stimolo, cui non era disposta nella conveniente misura l'attenzione, per quanto debole e fuggevole, di questi esseri che pur appartengono alla specie umana.

Infine la legge generale della dipendenza del tempo fisiologico dalla forza eccitatrice è dimostrabile anche con le percezioni olfattive.

Sopra un giovane, che si era assoggettato parecchie volte alle esperienze con l'etere, provocai dapprima delle impressioni che erano indistintamente avvertite, perchè l'odore etereo era molto attenuato, e mi bastò segnare le due seguenti reazioni:

0.439
0.503.

Queste cifre si allontanano moltissimo dalla media abituale. Ma non appena ebbi accresciuta la quantità dell'etere, le reazioni diminuirono ed ottenni tosto altre cifre come

0.276
0.215
0 193
0.260,

Digitized by Google

il cui andamento è in perfetta armonia con le cifre, che dirò normali.

In un altro individuo invece, dopo alcune reazioni allo stimolo dell'etere segnate dai valori numerici

0.311
0.350
0.312
0.288
0.355,

non appena ridussi l'intensità odorifera, i tempi aumentarono con visibilità manifesta nelle seguenti proporzioni:

0 409
0.462
0.400
0.388
0.426
0.453.

Dopo questi saggi sperimentali, che risolvono in maniera definitiva il problema della dipendenza del tempo fisiologico dalla intensità dello stimolo, è mestieri fare qualche breve considerazione.

Al decremento della durata reattiva partecipano gli atti centrali ed anche, fino ad un certo grado, i processi fisiologici di conducimento. Infatti, moltissime esperienze, sebbene il Rosenthal e il Lautenbach pensino il contrario, proverebbero che la velocità della trasmissione nelle fibre nervose aumenta con l'accrescersi della forza stimolatrice esterna. Tuttavia, come soggiunge il Wundt, per quanto significanti siano simili differenze, la durata della propagazione rimane così piccola rispetto alla gran-

Digitized by Google

dezza totale del tempo fisiologico, che debbono quelle differenze essere calcolate a vantaggio degli intervalli psicofisici.

Io credo poi che a generare la brevità della durata dell'atto percettivo con la forza dello stimolo, da cui deriva l'intensità della sensazione, concorre anche il tono sentimentale della sensazione medesima.

È noto che i psicologi moderni negli stimoli di senso, come in ciascun processo di movimento, distinguono la forza e la forma. Dalla forma dipende la qualità della sensazione, e dalla forza l'intensità: il tono sarebbe determinato tanto dalla qualità, quanto dall'intensità della sensazione, e però, in linea mediata, dalla forma e dalla forza dello stimolo. Inoltre, il Bain, tra i primi, ha fatto notare acutamente che tra le sensazioni di tatto vi sono di quelle in cui predomina il carattere sentimentale (1).

Ora, col mutare la forza dello stimolo, non solo modificasi la intensità della sensazione, la quale, raggiungendo più prontamente il suo massimo, abbrevia per conseguenza naturale il processo percettivo, ma vien rinforzato contemporaneamente il tono, che alla sua volta deve esercitare la sua efficacia sul decorso cronologico della sensazione. Ciò vorrebbe dire che l'aumento della forza eccitatrice esteriore accresce la intensità e la tonalità della sensazione; e quest'ultimo elemento deve avere la sua influenza.

b) *Qualità degli stimoli.*

Ma è pur necessario che sia considerata la qualità o la forma dell'eccitamento.

(1) Bain, *Les sens et l'intelligence*, p. 136. Paris, 187 .

Digitized by Google

L'esame del nuovo fattore, che modifica il tempo di reazione, è appena iniziato; e sarebbe utilissimo estenderne le ricerche e sottoporre ad analisi minute le possibili variazioni del tempo fisiologico in rapporto alla qualità della sensazione, che, come dicemmo, dipende dalla forma dello stimolo esteriore.

Già parlando delle percezioni acustiche s'è visto che la durata è più breve se l'eccitamento consiste in un rumore anzi che in un suono, e s'è cercato di spiegare il fenomeno con leggi fisiologiche.

Quando l'apparecchio visivo vien sottoposto allo stimolo retinico normale, cioè alla visione di una imagine luminosa, ed allo stimolo elettrico diretto, si ottengono tempi diversi; e nel discorrere del periodo sensorio latente ricordammo le esperienze dell'Exner, cui possono aggiungersi le altre consimili del Wittich, il quale avrebbe trovato che per l'eccitazione visiva di una scintilla luminosa (stimolo adeguato) trascorre un intervallo fisiologico di 0.188, mentre per l'eccitazione elettrica della retina la durata è 0.168. — In questo caso, prima di formulare un giudizio, devesi riflettere che è ben diverso il grado di intensità nelle cause eccitatrici e non è la medesima la quantità delle fibre eccitate nell'organo di senso.

Analoghe considerazioni valgono, come vedremo, per le percezioni tattili, nelle quali si possono impiegare due sorta di stimoli, o quello fisiologico di contatto o lo stimolo elettrico. E i risultati degli sperimentatori sono variabili, poichè secondo alcuni, è più breve il tempo di reazione all'eccitamento faradico, mentre secondo altri avviene il contrario.

Nella durata delle percezioni visive ha poi un valore

Digitized by Google

apprezzabile la diversità delle luci colorate. I colori spettrali non sono egualmente percepiti nello stesso tempo.

Si sa che il decorso dell'eccitazione nella retina comincia poco dopo l'azione di uno stimolo di breve durata, aumenta celermente, raggiunge un maximum e poi discende a zero. Per la luce colorata si osservano le stesse leggi, ma l'eccitamento ha bisogno di un certo intervallo, differente nei vari colori, per isvegliare una sensazione cromatica distinta; e secondo le ricerche del Kunkel, fra le varie parti dello spettro, che impiegano tempi diversi nel produrre il maximum dell'eccitamento, in prima linea sta il rosso, che raggiunge il massimo celerissimamente, quindi viene il bleu e poi il verde (1). Il Lamansky per contrario ha ottenuto risultati del tutto opposti (2).

In seguito l'Ott e il Prendergast, studiando sopra di sè stessi il problema da un punto di vista pratico con vetri variamente colorati, dedussero che la durata del periodo fisiologico è più rapida pel colore rosso, ed è minore pel verde che pel bleu. Il tempo di percezione della luce bleu fu nei due casi superiore di $\frac{2.7}{120}$ e di $\frac{3.3}{120}$ di secondo sulla durata di reazione al colore rosso. Tra il verde e il bleu la differenza cronometrica è assai più piccola (3).

Anche l'Obersteiner ammette che non tutti i co-

(1) Kunkel, *Ueber die Abhängigkeit der Farbenempfindung von der Zeit.* Pflüger's Archiv, Bd IX, a p. 206.

(2) Lamansky, *Ueber die Grenzen der Empfindlichkeit des Auges für Spectralfarben.* Archiv für Ophtalmologie, XVII, p. 128.

(3) Ott and Prendergast, *The rapidity of perception of colored lights.* Journal of nervous and mental disease, 1880, p. 253.

Digitized by Google

lori vengano percepiti con la stessa rapidità e segnala più celere la percezione del rosso in confronto del giallo e del bianco (1). Quantunque io non abbia fatte apposite esperienze, pure usando il verde e il bleu ebbi sempre in parecchi individui delle cifre di reazione più piccole con l'ultimo colore, ed in ciò le mie esperienze non convengono con quelle di Ott e di Prendergast (2).

Così abbiamo potuto vedere che il tempo della percezione varia secondo alcune circostanze, ed in precipuo modo secondo l'organo speciale eccitato e l'energia dello stimolo. Ma varia anche secondo la qualità, poichè gli apparecchi nervosi ci somministrano pure le differenze qualitative di sensazioni, le quali sono difficili a interpretarsi, e, prendendo ad esempio quelle dei colori, dipendono dalla intensità luminosa, dal tono e dal grado di saturazione.

c) *Alimenti nervosi e sostanze farmacologiche.*

Il decorso nella durata della percezione elementare può alterarsi, se modifichiamo sperimentalmente con mezzi fisico-chimici le condizioni generali della coscienza nell'individuo, che si sottopone alle nostre ricerche.

I modificatori di questa natura sono gli alimenti nervosi

(1) Obersteiner, *Ueber eine neue einfache Methode*, ec. ec. p. 141.

(2) Parrebbe che il Kries e l'Auerbach tra il bleu e il rosso percepissero più prontamente il primo. Infatti, dalle tavole del discernimento prendendo le serie delle semplici reazioni al bleu e al rosso, si può comporre una media generale pei due colori:

	A	K
Bleu	0.201	0.197
Rosso	0.213	0.205

Digitized by Google

ed alcune sostanze farmacologiche. Tra i primi comprendiamo principalmente il caffè, il the, il vino e le soluzioni alcooliche; tra le seconde la morfina, il nitrito d'amile, l'etere etilico ed il cloroformio.

Non è il luogo di esporre l'azione fisiologica degli alimenti nervosi e delle sostanze tossiche: a noi basta per sommi capi descrivere quali cangiamenti, numericamente determinabili, avvengano nel tempo degli atti psichici sotto la loro influenza passeggiera.

Van ricordati in primo luogo i tentativi dell'Exner, che sperimentò col the, con la morfina e col vino; ma le ricerche sono pochissime ed i risultati non soddisfacenti. In un caso, dopo l'azione di due bottiglie di vino del Reno, il periodo fisiologico allo stimolo luminoso da 0.1904 si elevò a 0.2969, sebbene l'individuo avesse il sentimento di reagire meglio del solito.

Più decisive e più particolareggiate sono le esperienze del Dietl e del Vintschgau sulla morfina, sul caffè e sul vino (1), e quelle recentissime del Kraepelin sul nitrito d'amile, l'etere etilico, il cloroformio e l'alcool (2).

Il caffè, preparato in bevanda coi soliti metodi, dispiega un'efficacia eccitatrice sopra i centri nervosi ed abbrevia il tempo di reazione. Il decremento comincia d'ordinario

(1) Dietl u. Vintschgau, *Das Verhalten der physiologischen Reactionszeit unter dem Einfluss von Morphium Caffée und Wein*. Pflüger's Archiv, Bd. XVI, p. 316.

(2) Kraepelin, *Über die Einwirkung einiger medicamentöser Stoffe auf die Dauer einfacher psychischer Vorgänge: Erste Abth.* Philosophische Studien herausgeg. Von Wundt, I Bd, 3 Heft, 1882, p. 417: *Zw. Abth.* ibid. 4. Heft, 1883, p. 573.

Digitized by Google

dopo 20-25 minuti, e la sua azione continua per parecchie ore e prolungherebbesi forse più se venissero fatte ulteriori esperienze.

Il the sembra, specialmente nelle persone non abituate, produrre una energica diminuzione con rallentamento consecutivo del periodo fisiologico (1).

Col vino gli effetti sono meno costanti. Se la quantità del vino (Champagne) non è molto grande, si accorcia per un certo intervallo la durata fisiologica. Il vino bevuto lentamente e poco alla volta, anche in dose non piccola, fa più durevole la brevità della reazione. Ma se la quantità è massima, ed è bevuta in breve spazio, tosto il periodo fisiologico assume un ritardo apprezzabile. Forse queste conclusioni verrebbero in parte modificate sperimentando con altri vini; ad ogni modo, sempre rimane immutabile il fatto, confermato tuttodì dalla esperienza e riprovato dalle ricerche psicometriche, che le quantità medie di vino provocano nell' organismo un eccitamento, il quale si esprime con la facile scorrevolezza dei pensieri, con insolita loquacità e con rapidi movimenti muscolari. Oltrepassando però certi confini, variabili nei diversi individui, la vivacità generale dell'organismo si cambia in una specie di affievolimento; ed in queste condizioni è naturale che debba risentirsene e prolungarsi la durata degli elementi dell'atto percettivo, tanto centrali che periferici. E qui mi

(1) KRAEPELIN, *Ueber psychische Zeitmessungen*. Med. Iahrb. 1883, Bd. 196, H. 2. p. 208.

Alcune esperienze dello stesso Kraepelin con l'idrato di cloralio alla dose media di 2 gr. avrebbero avuto per effetto un progressivo ritardo dei valori di reazione. Ma tanto sul the quanto sul cloralio le ricerche del valente psicologo sono ancora poco numerose.

Digitized by Google

e quindi dopo alcune oscillazioni riprendono il primitivo valore. Il massimo della diminuzione, avviene 3-4 minuti dopo avere inalato la sostanza e dura molto più dell'allungamento iniziale.

L'etere etilico, versato a goccie sopra una spugna ed inalato per due o quattro minuti, anch'esso ha per effetto costante l'aumento del tempo fisiologico. Quest'aumento non è continuo, poichè avviene con oscillazioni e con maggiore lentezza che col nitrito d'amile: indi consegue la diminuzione. Secondo il grado di narcosi che provoca l'etere etilico, tanto l'accrescimento quanto la riduzione del tempo fisiologico sono diversi:

	Aumento		Diminuzione	
	L.	K.	L.	K.
Narcosi lieve	0 015	0 040	0.048	0.033
Narcosi profonda	0.167	0.115	0.015	0.013

L'aumento e la diminuzione, come si vede, hanno dei rapporti di dipendenza col disturbo più o meno profondo dei centri nervei. Se l'intensità della narcosi è massima, il ritardo dei processi psichici diviene notevolissimo e l'acceleramento consecutivo dei medesimi si dimostra minimo. Il contrario succede quando la narcosi è leggiera: in questo caso ad un ritardo quantitativamente debole della reazione corrisponde una forte diminuzione.

La ricerca obiettiva psicometrica sul cloroformio presenta molte analogie con quella dell'etere.

Il massimo dell'aumento, che nelle varie persone si compi in tempi diversi, e la consecutiva diminuzione possono rappresentarsi con le seguenti cifre:

	Aumento	Diminuzione
T.	0.043	0.010
K.	0.087	0.022
L.	0.191	0 020

Digitized by Google

È da aggiungere che sull'altezza numerica del ritardo influisce moltissimo il grado di narcosi, poichè, a non dir altro, sopra quattro serie di ricerche fatte sul Kraepelin stesso, l'aumento è minimo o massimo secondo l'intensità del disturbo della coscienza:

AUMENTO DEL TEMPO DI REAZIONE

Narcosi lieve		Narcosi profonda	
1ª	0.025	3ª	0.107
2ª	0.029	4ª	0.189

Al contrario dell'etere, la diminuzione consecutiva è più sensibile quando la narcosi è profonda:

DIMINUZIONE DEL TEMPO DI REAZIONE.

Narcosi lieve		Narcosi profonda	
1ª	0.019	3ª	0.031
2ª	0.010	4ª	0.028

d) *Temperatura.*

Non lievi influenze sul tempo fisiologico esercitano pure le stagioni.

Il Dietl e il Vintschgau avrebbero trovato che nell'inverno la durata della reazione è più corta che nell'estate (1); mentre, secondo l'Helmholtz, avverrebbe per cause termometriche il fenomeno antagonistico rispetto alla propagazione della attività nervosa periferica. Il decremento è visibile tanto nelle cifre massime quanto nelle cifre minime, che appartengono alle più piccole delle serie.

(1) Dietl u. Vintschgau, l. c. p. 330.

Digitized by Google

Il Dietl e il Vintschgau credono i loro risultati conformi in tutto alla esperienza quotidiana, la quale dimostra che nelle giornate d'inverno si è meglio adatti all'esercizio dell'attività mentale, e che nei mesi troppo caldi vien reso alquanto difficile qualsiasi lavoro psichico.

IV.

Modificatori patologici.

Dei modificatori patologici del tempo di reazione devo dire poche parole, poichè l'argomento, interessantissimo per la semeiotica delle malattie nervose, esce fuori dai limiti del presente studio. Tuttavia è necessario si sappia quale e quanto ritardo possa effettuarsi per cause morbose nelle vie di conducimento del senso e del moto.

Gli intervalli centrali psicofisici restano quasi immutati: infatti tutto il periodo percettivo in simili casi è solo modificato da alterazioni anatomiche specialmente del midollo spinale. Si tratta di paralisi o di paresi tanto della sensibilità che del movimento, cioè dei fattori che diconsi fisiologici del tempo di reazione.

Ricorderò le esperienze più importanti.

Il Leyden e il Wittich misurarono il tempo di reazione in tre individui, dei quali il primo, a causa di lesioni traumatiche, presentava fenomeni di rallentamento nella conducibilità motrice con debolezza dell'energia muscolare; il secondo era epilettico con paresi delle estremità inferiori, ed il terzo era affetto da mielite apoplettica

Digitized by Google

del midollo allungato con paresi di tutti gli arti (1). Il soggetto di esperienza dava il segnale di reazione agli stimoli acustici ora con la mano destra ed ora col dito grosso del piede dello stesso lato.

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI ACUSTICI.

	Mano	Piede
1°	0.292	0.334
2°	0.375	0.541
3° (2)	0.569	0.494

Il Richet ed il René studiarono le modificazioni cronometriche nei casi di atassia locomotrice (3): ed il primo osservò sopra due malati che, eccitando i nervi più vicini al centro spinale, la reazione decresceva sensibilmente nel modo rappresentato dal seguente prospetto:

(1) LEYDEN, *Verlangsamte motorische Leitung.* Virchow's Archiv, Bd. XLVI, p. 476.

WITTICH, *Untersuchung des zeitlichen Verlaufes der motorischen Action bei dem Kranken D.* Ibid. p. 483.

LEYDEN u. WITTICH, *Weitere Beobachtungen über verlangsamte motorische Leitung.* Virchow's Archiv, Bd. LV, p. 1.

(2) In questo caso il tempo medio di reazione col piede è minore di quello con la mano; ma riguardando le cifre minime si ha 0.303 alla mano e 0.369 al piede.

Il WITTICH fa anche dei calcoli sulla celerità della conduzione motrice; e poichè i criteri del calcolo sono arbitrari, i risultati non hanno per noi valore, tanto più che è ammessa un'equivalenza di velocità fra il midollo e i nervi periferici.

(3) RICHET, *Études sur la vitesse et les modifications de la sensibilité chez les ataxiques.* Mémoires de la Societé de biologie, 1876, p. 80.

RENÉ, l. c.

Digitized by Google

TEMPI DI REAZIONE.

	I.	II.
Dito grosso del piede	1.6	1.8
Dorso del piede	1.5	1.»
Collo del piede	1.3	1.6
Gamba	1.2	1.00
Ginocchio	0.4	1.02
0.m 10 sopra il ginocchio	0.3	1.00
Collo	0.2	»
Percezione acustica	0.2	0.4

Altre esperienze con la pressione cutanea sulla gamba furono eseguite dal Leyden e dal Goltz sopra malati di atassia locomotrice progressiva pronunziatissima, di cui l'equivalente anatomico è la degenerazione grigia dei cordoni posteriori del midollo spinale. Il periodo fisiologico, pel grande ritardo della trasmissione sensitiva, supera di tre e perfino di cinque volte l'unità di tempo, e può ridursi a poco più di un secondo se invece della semplice pressione si esercitano sulla cute punture dolorose (1).

Usando del metodo grafico, ma con apparecchi e mezzi sperimentali poco corretti, il Takács ha studiato il tempo di reazione alle punture cutanee in casi di atassia locomotrice di vario grado, di paralisi spinale spastica, e poi di epilessia, di afasia amnestica da emorragia cerebrale, di sclerosi diffusa, di avvelenamento cronico saturnino e mercuriale, ed in soggetti convalescenti da malattie acute come il tifo addominale, la pneumonite ed il catarro gastrico.

(1) Leyden, *Traité clinique des maladies de la moelle epinière.* (trad. franç.), p. 110, Paris, 1879.

Digitized by Google

Le esperienze del Takàcs proverebbero che sopratutto negli atassici il tempo fisiologico raggiunge una cifra altissima, fino a 3 secondi. L'aumento nella reazione va di pari passo con la gravità dell'atassia e con la sua estensione: così in taluni malati, nei quali i fenomeni atassici erano quasi nulli al viso, di lieve grado nelle mani e di massima intensità ai piedi, nessun ritardo di percezione manifestavasi nel viso, era più sensibile alla mano ed accentuatissimo ai piedi (1).

Io posso aggiungere l'esempio di un individuo, nel quale, per incipiente e diffusa malattia del midollo, gli stimoli tattili sul dorso della mano non sono avvertiti nei limiti cronometrici ordinari. Si percepisce l'eccitamento e di esso si determina con precisione il luogo; ma il segnale esterno del fenomeno psichico compiuto, quantunque prima di ogni singola esperienza tengasi desta l'attenzione del

(1) Takàcs, *Untersuchungen über die Verspätung der Empfindungsleitung*. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. X, 2 Heft. p. 527.

Le cifre massime e minime di reazione sono queste:

	Viso	Mano	Piede
I.	0.24 — 0.31	0.31 — 0.65	2.07 — 3.02
II.	0.24 — 0.33	0 28 — 0.43	1.95 — 2.54
III.	0.19 — 0.30	0.24 — 0.33	0.80 — 0.94
IV.	0.27 — 0.35	0.43 — 0.66	2.05 — 2.55

Aggiungerò che il Burckhardt (*Die physiologische Diagnostik der Nervenkrankheiten*, Dritter Theil, p. 145) ha fatto una quantità di osservazioni determinando col suo metodo le celerità periferiche midollari e cerebrali nel crampo degli scrittori, nella mielite, nella sclerosi diffusa del midollo, nell'emorragia e nell'iperemia spinale, nella tabe, nella paralisi agitans, nell'isterismo, nella meningite del cervello, nelle paralisi e nevralgie periferiche.

Digitized by Google

malato, succede in media dopo 0.343, e spesso le cifre di reazione vanno al di là di 400 millesimi ed oltrepassano anche la metà di un secondo.

Il lettore deve però riflettere che in tutti questi casi patologici il rallentamento non si verifica nelle sole vie conduttrici della sensibilità o in quelle del movimento, secondo il carattere della malattia. Nei processi morbosi, centrali o periferici, che interessano la vita di relazione, devesi pure tenere in conto la potenza funzionale degli apparecchi muscolari, nei quali, provocandosi facilmente disturbi trofici, si altera il periodo latente. Ed in genere può dirsi che il tempo perduto, come ha dimostrato il Mendelssohn, è in rapporto inverso con l'eccitabilità e la contrattilità muscolare; e nell'atassia locomotrice, che meglio di qualsiasi altra forma morbosa è stata investigata, il periodo latente muscolare ha un decorso cronologico più lungo, sopratutto al terzo stadio della malattia.

Conviene aggiungere intanto che il ritardo nella trasmissione dell'eccitamento di senso non avviene solo nelle anestesie di origine centrale o midollare, si anche in quelle di origine periferica. In casi di lesioni traumatiche di nervi della periferia del corpo, il Kraussold osservò tempi lunghissimi nella percezione degli stimoli dolorifici, che da 3 si estendevano fino ad 8 secondi (1). Cotesti fenomeni possono prodursi sperimentalmente con la compressione graduale ed artificiale dei nervi: così il Lüderitz vide

(1) Kraussold, *Ueber Nervendurchschneidung und Nervennaht.* Volkmann's Sammlung klinischer Vorträge N. 132, 1878.

Idem, *Ueber Nerven-und Sehnenaht.* Centralblatt für Chirurgie, 1880, N. 47.

Idem, *Beitrag zur Kapitel der Nervennaht*, ibid. 1882, N. 13.

Digitized by Google

che la reazione dolorifica all'eccitamento periferico non seguiva allora come nel lato sano, ma un secondo od un secondo e mezzo più tardi (1). Per dimostrare, infine, che non ha valore assoluto il postulato fin qui ammesso, pel quale la causa precipua del ritardo nel conducimento sensitivo, specialmente dolorifico, risiede sempre nelle alterazioni della sostanza grigia del midollo, l'Erb sopra un individuo, cui per lussazione della spalla destra erasi prodotta anestesia in certi distretti nervosi dell'arto superiore, potè, fra gli altri sintomi, riscontrare nel dominio del nervo cubitale un rallentamento assai manifesto della trasmissione del dolore. Al piccolo dito, per esempio, la sensibilità di contatto, sebbene grandemente diminuita, non presentava nel propagarsi notevoli disordini; pungendo però o facendo una pressione energica, il malato reagiva con vivacità al dolore dopo un intervallo di 1-2 secondi (2).

Il Westphal pure in una donna, che per causa traumatica offriva fenomeni di paralisi di senso e di moto all'antibraccio, alla mano e alle dita dell'arto destro, trovò ritardo di un secondo ed anche più nella conducibilità degli stimoli dolorosi (3).

In ultimo dirò che la durata del periodo fisiologico si modifica profondamente per condizione morbosa dell'organo di senso, cui non può essere disconosciuta la com-

(1) Lüderitz, *Versuche über die Einwirkung des Drucks auf die motorische und sensibl. Nerven.* Zeitschrift für klinische Medicin, II, 1880.

(2) Erb, *Ueber Verlangsamung der Empfindungsleitung bei peripheren Nervenläsionen.* Neurologisches Centralblatt, 1883, N. 1.

(3) Westphal, *Verlangsamung der Empfindungsleitung bei Verletzungen periferischer Nerven.* Neurologisches Centralblatt, 1883, N. 3, p. 59.

Digitized by Google

partecipazione nella genesi dei fenomeni psichici. Basterà un solo esempio. Sopra uno dei soggetti di esperimento per le reazioni olfattive ottenni con l'etere solforico le cifre già segnate in un capitolo precedente e che qui nuovamente riproduco:

Media	0.236
Minima	0.166
Massima	0.337
Gruppo tipico:	(0.180-0.280)

Un giorno, in cui l'individuo era affetto da lieve catarro nasale, che gli rendeva ottusa la funzione dell'olfatto, volli ripetere le prove ed ebbi questi risultati:

Media	0.316
Minima	0.267
Massima	0.398
Gruppo tipico:	(0.260-0.350)

Oltre l'aumento della media, si vede a prima giunta l'altezza insolita della cifra minima e dei limiti entro i quali è compreso il maggior numero delle esperienze.

Così anche l'organo di senso, modificato patologicamente, altera il decorso della percezione (1).

(1) Alla fine di questo capitolo, per rendere completo il paragrafo dei « modificatori psichici, » aggiungo i risultati di alcuni esperimenti recentissimi sul tempo di reazione allo stimolo elettrico nello stato normale ed in quello di ipnotismo. — Sopra un soggetto sonnambulico, lo STANLEY HALL (*Reaction-time and Attention in the Hypnotic State.* Mind, april 1883, p. 170) avrebbe osservato che nella veglia la percezione avveniva in un periodo assai lungo (0 328-0.348), mentre durante la fase ipnotica la durata media discendeva a 0.193. È un argomento che merita d'essere studiato con indagini pazienti e molteplici.

Digitized by Google

CAPITOLO VII

LA DURATA DEL PROCESSO PSICHICO ELEMENTARE NEGLI ALIENATI.

Un altro modificatore potentissimo del periodo fisiologico ci è fornito da quel gruppo complesso di fenomeni morbosi, che va segnalato col nome di alienazione mentale. Quivi, come cause modificatrici, troviamo allucinazioni e deliri di varia natura, esaltamento o depressione triste della sensibilità affettiva, semplice debolezza od annullamento profondo di tutte le energie psichiche, insufficienza di sviluppo morfologico degli organi cerebrali o degenerazione degli elementi fisici formatori del nostro pensiero.

Per fermo avremmo dovuto annoverare tra i modificatori psichici l'alienazione della mente umana; ma l'importanza notevolissima e tutta speciale del problema richiede uno studio che stia da sè.

Questo nuovo capitolo di psicopatologia è opera dei nostri giorni, e non credo di esagerare dicendo che il mag-

Digitized by Google

giore contributo di esperienze sul tempo di reazione nelle forme classiche di malattie mentali è stato da me raccolto.

Prima di me l'Obersteiner si era occupato del medesimo argomento; ma, a dire il vero, egli col suo « psicodometro, » provocando sole eccitazioni sonore, non ci ha potuto offrire che brevi saggi sopra alcuni tipi morbosi. Le mie ricerche invece si estendono a tutte le anomalie della mente umana, dalle congenite alle acquisite (1).

Non dirò le grandi e quasi invincibili difficoltà che s'incontrano in cotesto genere di esperienze, le quali, allora quando si è riesciti nello scopo, offrono l'inestimabile vantaggio di costituire un indice assai prezioso nell'esame obiettivo dei pazzi. Gli esperimenti, che ho eseguiti sul tempo di reazione di ciascun alienato, sono moltissimi, e ci vorrebbe un volume per contenerli. Sono costretto pertanto a riferirne i frammenti principali, che certamente basteranno al lettore, perchè possa formarsi una chiara idea del decorso cronologico dei processi psichici elementari negli alienati.

Dividendo le alienazioni mentali in due grandi categorie, l'una che abbraccia le forme congenite o di incompleta evoluzione del cervello, e l'altra la quale comprende le malattie sopravvenute nel corso della vita, comincierò dalla prima, ossia dall'imbecillità e dall'idiotismo. Discorrerò poi del periodo di reazione nelle forme, così dette, acquisite, ossia nella demenza, nell'esaltamento maniaco, nella malinconia, nei deliri sistematizzati e nell'epilessia.

(1) In questo capitolo riassumo gli studi che ho pubblicati nella *Rivista sperimentale di Freniatria*, Anno VII, fasc. III e IV. Vi si troveranno i particolari degli esperimenti, e le cifre di reazione disposte anche secondo il metodo delle serie.

Digitized by Google

I.

Imbecillità e idiotismo.

È noto che la natura dell'imbecillità e dell'idiotismo, trascurando per un momento i caratteri antropologici, è riposta nel fatto che le energie mentali, per insufficienza di sviluppo morfologico, non raggiungono l'evoluzione completa: onde, come fu detto, manca l'impronta del tipo, ed ogni imbecille e idiota dev'essere studiato in sè e per sè. Dalla imbecillità lieve all'idiotismo profondo si va insensibilmente per gradazioni sfuggevoli: tra queste due forme estreme, una delle quali tocca i confini dello stato fisiologico, mentre l'altra costituisce quasi l'anello di passaggio alle specie inferiori e porta seco il suggello dell'atavismo, ondeggia un'immensa varietà di stadi degenerativi. Ma per soddisfare a certe esigenze teoretiche, si possono considerare come elementi fondamentali dello stato generico di imbecillità: l'incompleto lavorio trasformativo degli eccitamenti di senso in rappresentazioni; la debolezza della memoria, ossia della persistenza di sensazioni già ricevute; la difficoltà grande di comporre imagini fantastiche; lo sviluppo lento e quasi frammentario dell'associazione ideale; l'unilateralità nella percezione e nella riproduzione, che d'ordinario decorre secondo il principio dell'abitudine associativa; il torpore esteso dei sentimenti, massime dei più alti, gli estetici e i morali; la mobilità estrema del tono psichico, ossia del carattere; la mancanza, infine, di forza volitiva e di quel potere d'inibizione, che oggi è ravvisato come segno caratteristico dell'energia delle attività mentali.

Digitized by Google

Questi fenomeni sono più accentuati nell'idiotismo, nel quale, quando si discende a certa profondità, la vita psichica è appena ridotta ad oscura ed informe percezione.

Gli imbecilli e gli idioti da me studiati appartengono ad una categoria che può dirsi intermedia. Adottando come segni discriminativi i caratteri fonetici, che il Griesinger crede utilissimi per l'intima relazione in cui sta la parola col suo contenuto ideale, dirò che negli idioti, che formarono oggetto delle mie ricerche, il linguaggio è appena sviluppato, il materiale dei suoni verbali è scarso ed è ridotto ai primi bisogni della vita istintiva; mentre negli imbecilli il linguaggio non è più frammentario, s'innalza alla semplice costruzione del periodo, ma per la sua qualità e la sua quantità resta allo stato fanciullesco e raffigura rappresentazioni od imagini grossolane di senso.

Gli eccitamenti, da me adoperati negli imbecilli e negli idioti, furono gli acustici e gli elettro-cutanei. Il contatto del pennello o non era avvertito per anestesia tattile, oppure lo era così indistintamente da raggiungere forse il limite minimo e da suscitare quindi nella coscienza appena un'oscura percezione: onde rendevasi più difficile il volontario determinarsi del movimento registrante, cui mi sforzai per lunga pezza di abituare i soggetti di esperienza.

Con la corrente faradica ottenevo la reazione; ma era necessario che facessi uso di forti scosse elettriche, perchè gli eccitamenti poco intensi svegliavano fatti di sensazione molto indecisi, i quali talvolta si traducevano obiettivamente con lo sguardo smarrito che andava in cerca della strana impressione prodotta nella superficie cutanea. Per la qual cosa il periodo fisiologico misurato dal cronoscopo

Digitized by Google

indicava la reazione al dolore più o meno forte. Inoltre, prima di provocare l'eccitamento elettrico od acustico, dovevo sempre, a seconda la capacità mentale degli individui, usare ogni mezzo per mantenere desta la loro scarsissima e fuggevole attenzione: sicchè può dirsi che essi reagivano allo stimolo aspettato. Non è presumibile che la maggior parte di queste persone dinanzi al succedersi dei fenomeni esterni si mostrino attente per alcun poco: la loro costituzione psichica è così foggiata che ogni processo nervoso deve essere necessariamente debole, fugace, incompiuto. Il punto più difficile era quello di far collegare il movimento della mano destra con la percezione dello stimolo: i più non comprendevano questo rapporto semplicissimo, ed ho dovuto impiegarvi delle ore e dei giorni per riuscire nello scopo.

Insisto sopra cotesti particolari per dimostrare viemmeglio quanta differenza di attitudine psichica passa tra l'uomo sano e l'idiota: nel primo, se è anche preventivamente determinato l'istante in cui dovrà prodursi l'impressione esterna, il periodo di reazione diventa così breve da avvicinarsi al valore dei semplici atti reflessi e anche da assumere un aspetto negativo; mentre nell'idiotismo, come pure nella demenza profonda, non possiamo ottenere una sola cifra, che è sempre altissima, se non si ecciti con tutti i modi il potere recettivo di questi alienati nel momento in cui va a prodursi l'impressione.

Fu impossibile, nel massimo numero dei casi, sperimentare con gli stimoli ottici molto vivi come il tubo di Geissler, che s'illumina a colori smaglianti nello spazio oscuro. Tenere gli occhi dell'imbecille e dell'idiota rivolti all'apertura quadrata della cassetta, dentro la quale deve

Digitized by Google

apparire il fenomeno luminoso, è cosa non troppo facile; ed essendomi provato molte volte e senza successo, fui costretto ad abbandonare cotali ricerche.

Le reazioni nei casi patologici, contradistinti da insufficienza evolutiva degli organi cerebrali, possono essere ottenute soltanto per opera di stimoli, che siano capaci di suscitare forti mutamenti nella coscienza; ed oltre alle scosse energiche della corrente faradica riesce anche bene il suono acuto di un campanello.

Ordinando adunque le numerose esperienze, compongo le tavole seguenti, nelle quali sono raccolte le cifre medie, massime e minime di reazione, si agli stimoli acustici che agli elettro-cutanei di varia intensità, e la differenza fra la massima e la minima (1).

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI ACUSTICI.

		Media	Massima	Minima	Differenza
IMBECILLI	B. A.	0.282	0.449	0.165	0.284
	R. V.	0.403	0.567	0.248	0.319
	C. N.	0.418	0.639	0.237	0.402
	S. V.	0.479	0.598	0.321	0.277
IDIOTI	P. A.	0.557	0.823	0.313	0.510
	P. M.	0.637	1.588	0.268	1.320
	B. G.	0.672	0.993	0.376	0 617
	R. R.	0.489	1.185	0.295	0.890

(1) In due imbecilli ed in un idiota non fu possibile ottenere delle reazioni agli eccitamenti elettro-cutanei con l'apparecchio a slitta del Du Bois-Reymond.

Digitized by Google

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI ELETTRO-CUTANEI.

	Luogo di eccitamento	Intensità della corrente	Media del tempo di reazione	Massima	Minima	Differenza
B. A.	FRONTE	50°	0.456	0.973	0.301	0.672
		40°	0.292	0.498	0.260	0 238
		30°	0.257	0.384	0.210	0.174
R. V.	PUNTA DEL DITO	60°	0.531	0 593	0.354	0.239
		50°	0 452	0.513	0 310	0.203
		40°	0.417	0.490	0.340	0.150
P. A.	DORSO DELLA MANO	60°	1.010	1.580	0.712	0.868
		45°	0.507	0.715	0.369	0.346
		35°	0.371	0.483	0.303	0.180
R. R.	DORSO DELLA MANO	40°	0.556	0.989	0.310	0.679
		25°	0.470	0.760	0.323	0.437
P. M.	DORSO DELLA MANO	50°	1.045	1.721	0.739	0.982
		30°	0.471	0.783	0 327	0.456
		15°	0.351	0.530	0.307	0.223

I concetti generici che scaturiscono dall'esame comparativo delle ricerche sperimentali sul tempo di reazione negli imbecilli e negli idioti si possono formulare in brevi parole.

In primo luogo deve considerarsi la cifra altissima che

Digitized by Google

raggiunge il periodo medio di reazione agli stimoli acustici ed elettro-cutanei, specialmente negli idioti.

In secondo luogo è caratteristica la grande differenza che vien fatta di notare tra la cifra massima e la minima, la quale supera di gran lunga il più alto numero offerto dalle esperienze nell'uomo fisiologico. La media in questi casi è dedotta da una serie di valori, che presentano oscillazioni rilevantissime.

Finalmente negli imbecilli e negli idioti si conferma la legge generale della dipendenza del tempo di reazione dalla intensità dello stimolo, e si rende anche meno significante la differenza tra la massima e la minima. Il lettore avrà osservato la chiara rappresentazione di questi fenomeni nell'ultimo quadro, dal quale risulta un altro fatto degno di rilievo, cioè che non solo a stimolo elettrico relativamente debole, ma a corrente fortissima o ad eccitamento massimo (35°, 30°, 25°, 15° dell'apparecchio a slitta del Du Bois-Reymond) i valori differenziali tra le cifre estreme dei tempi fisiologici mostrano una enorme diversità quando siano paragonati con quelli che si ottengono sopra le persone normali a qualunque grado di corrente.

II.

Forme di demenza.

Gli stati di indebolimento delle attività mentali, che conseguono alle forme primitive di pazzia, si contradistinguono anch'essi pel modo particolare con cui si compie il periodo fisiologico di reazione.

Digitized by Google

Com'è da prevedersi, in questi casi le durate dell'atto percettivo debbono essere più o meno lunghe, poichè con l'aiuto dei mezzi che possiede la scienza si giungono a dimostrare le degenerazioni regressive, le pigmentazioni, le atrofie degli elementi morfologici del cervello, cioè delle basi fisiche della vita mentale. E secondo la minore o maggiore estensione del fatto patologico, dovremmo avere nella sfera psichica un grado minore o maggiore di indebolimento funzionale, che, oltre ai soliti aspetti fenomenici della demenza, sarà anche tradotto all'esterno dall'atteggiamento proprio che assume il tempo di reazione.

Ho esaminato diversi tipi di demenza, dagli stadi più lievi a quelli più profondi, dal semplice offuscamento dell'energia psichica fin quasi allo sfacelo completo di essa, ed eccetto un sol caso ho sperimentato con gli stimoli dell'udito. In alcuni dementi fu impossibile ottenere cifre di reazione con eccitamento elettro-cutaneo, ed in altri la corrente destava tal senso di paura, che giudicai opportuno non insistere oltre.

Prima di riassumere i risultati generali delle esperienze, voglio riferire i particolari di due casi, che mi sembrano molto interessanti.

Nel primo trattasi di un uomo (*M. M.*), di 42 anni, per l'innanzi fornito di coltura superiore, ed ora affetto da quella varietà morbosa, che nella scienza è designata col nome di « forma demente della paralisi progressiva. »

I fenomeni principali della malattia di *M.* sono: indebolimento generale, ma non molto profondo, delle attività psichiche, senza alcuna traccia di incoerenza e di rappresentazioni deliranti; illusioni vaghe e intermittenti della

Digitized by Google

vista e dell'udito; restringimento uguale ed anormale delle due pupille; paresi leggiera delle membra superiori ed inferiori, che è specialmente più pronunziata al braccio destro in seguito ad un accesso apoplettiforme; disturbi fonetici propri della classe delle « disartrie; » notevole diminuzione della sensibilità tattile, massime nelle mani, che portano segni assai manifesti di paralisi vasomotrice. In questo ammalato, che fu oggetto di numerose esperienze psicometriche, ottenni cifre di reazione agli eccitamenti acustici, luminosi (tubo di Geissler), tattili ed elettro-cutanei.

MEDIA DEL TEMPO DI REAZIONE AGLI STIMOLI ACUSTICI.

0.189	Massima	0.340
	Minima	0.109
	Differenza	0.231

MEDIA DEL TEMPO DI REAZIONE AGLI STIMOLI LUMINOSI.

0.228	Massima	0 370
	Minima	0.194
	Differenza	0.176

MEDIA DEL TEMPO DI REAZIONE AGLI STIMOLI TATTILI (1).

0.211	Massima	0.424
	Minima	0.236
	Differenza	0.188

(1) L'eccitamento col pennello fu fatto sull' apice del dito medio della mano sinistra.

Digitized by Google

MEDIA DEL TEMPO DI REAZIONE AGLI STIMOLI ELETTRICI (1).

A 60°	0.291	Massima	0.418
		Minima	0.182
		Differenza	0.236
A 50°	0.228	Massima	0.292
		Minima	0.170
		Differenza	0.122

È notevole sopratutto il ritardo del periodo di reazione alle impressioni tattili, che devesi riferire alla ipoestesia cutanea.

L'altro caso riguarda una donna (*Z. E*), di anni 40, affetta prima da accessi di esaltamento, ed ora da demenza in un grado assai profondo.

Ho trovati molti ostacoli nel fare gli esperimenti, poichè l'attenzione del soggetto si può dire che manchi del tutto. L'ideazione è così scarsa ed incoerente, che appena si riesce a cogliere qualche imagine. Le espressioni verbali sono accompagnate da atteggiamenti al riso così caratteristici nella demenza apatica.

Metto sotto gli occhi del lettore le poche cifre che potei ottenere, indicando col segno — quelle nelle quali o il

(1) La corrente faradica della slitta è applicata sul dorso della mano sinistra. A 60° l'impressione è avvertita chiaramente sotto forma di lieve puntura A 50° comincia a diventare dolorosa.

Digitized by Google

soggetto non reagì, o diede tempi così lunghi da oltrepassare cinque o sei secondi:

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI ACUSTICI.

0.509	0 959
1 257	—
—	—
1.211	—
0 921	1.313
—	—
—	—
—	0 347
1.152	0.900
0.716	1 030

I risultati generali delle ricerche sopra individui affetti da indebolimento mentale nelle sue varie gradazioni mi inducono a segnalare questi tre fatti:

1.° V'è un ritardo della media del tempo fisiologico, che è tanto più grande, quanto più la malattia offre caratteri di maggiore indebolimento. Da 0.159, che fu la cifra più piccola di reazione agli stimoli acustici, ascende fino a 0.958.

2.° Tra la cifra massima e la cifra minima del periodo di reazione passa una grande distanza numerica, la quale si accresce a misura che dagli stadi di semplice indebolimento mentale si giunge per gradi intermedi alla demenza profonda.

3.° Il periodo minimo, cioè la più piccola durata della percezione, è sempre maggiore di quello che ci possa offrire l'uomo normale.

Digitized by Google

Il quadro seguente, che accoglie le cifre di reazione agli eccitamenti acustici, lo prova con evidenza.

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI ACUSTICI.

Nome	Media	Massima	Minima	Differenza
G. F.	0.159	0.318	0.114	0.204
M. M.	0 189	0.340	0.109	0 231
B. A.	0.211	0.396	0.135	0.261
D. M.	0.240	0 426	0.162	0.264
A. P.	0.389	0.887	0.193	0.694
C. C.	0.506	1.095	0.339	0.753
I. A.	0.566	1.690	0 274	1.416
Z. E.	0.953	1.342	0.347	0.995

Così il tempo di reazione ci dimostra obiettivamente, di un modo chiarissimo, quanta analogia esista tra l'imbecillità e l'idiotismo da una parte, e i diversi gradi di demenza dall'altra. Il fatto più semplice della vita psichica, che è la percezione di un fenomeno esterno, decorre con caratteri identici nei tipi estremi della patologia della mente umana.

III.

Forme di esaltamento.

Gli alienati, che furono oggetto di esame, appartengono a quella varietà psicopatica, che va intesa sotto il nome di « esaltamento maniaco semplice. »

Volendo sbozzare in brevi tratti il profilo psicologico di

Digitized by Google

questa forma morbosa nei casi da me studiati, dirò che manca od è appena disegnato a contorni sfuggevoli il delirio vero e proprio della pazzia.

I fenomeni più appariscenti sono: una esagerata attività nello svolgersi e nell'associarsi delle rappresentazioni e delle imagini, un vivace eccitamento degli atti e delle parole accompagnato da quell'umore allegro e gaio e da quel sentimento di benessere, che è la nota fondamentale della malattia.

Mentre negli imbecilli, negli idioti e nei dementi mi fermai a ricercare la durata delle percezioni pei soli eccitamenti uditivi ed elettro-cutanei, nelle forme di esaltamento, e nelle altre successive, sono stato in grado di ottenere il periodo fisiologico anche per gli stimoli tattili e luminosi. Ciò s'intenderà facilmente se si pensi ai minori ostacoli che offre l'esame sperimentale; poichè i coefficienti psichici, malgrado le loro anomalie, hanno per quantità e per qualità un tono più elevato nell'esaltamento maniaco o nella malinconia semplice, che nella demenza o nell'idiotismo. Nondimeno, prima di raccogliere le cifre segnatemi dall'apparecchio cronometrico ad ogni singola eccitazione specifica, educai per qualche giorno i soggetti di esperienza al modo di reazione, facendo quasi sempre precedere all'impressione sopra gli organi di senso un segnale di avvertimento.

Gli eccitamenti sono sempre i medesimi: per la vista l'illuminazione istantanea di un tubo di Geissler, per l'udito il suono di un campanello e pel senso cutaneo il tocco di un piccolo pennello.

Ecco riassunti in un prospetto generale i risultati delle molteplici esperienze.

Digitized by Google

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI

Nome	Acustici		Visivi		Tattili	
B. G.	Media	0.203	Media	0.233	—	
	Massima	0.426	Massima	0.523		
	Minima	0.105	Minima	0.167		
	Differenza	0.321	Differenza	0.356		
T. E.	Media	0.145	Media	0.219	—	
	Massima	0.373	Massima	0.376		
	Minima	0.097	Minima	0 153		
	Differenza	0.276	Differenza	0.223		
M. C.	Media	0.141	Media	0.230	Media	0.216
	Massima	0.247	Massima	0 350	Massima	0.299
	Minima	0.098	Minima	0.115	Minima	0.114
	Differenza	0.149	Differenza	0.235	Differenza	0.185
C. M.	Media	0.149	Media	0.191	Media	0.211
	Massima	0.317	Massima	0.259	Massima	0.271
	Minima	0 095	Minima	0.143	Minima	0.170
	Differenza	0 222	Differenza	0.116	Differenza	0 101
M. A. (1)	Media	0.140	Media	0 203	Media	0 209
	Massima	0 191	Massima	0.256	Massima	0.254
	Minima	0.093	Minima	0.138	Minima	0.148
	Differenza	0.098	Differenza	0.114	Differenza	0.103

(1) Gli esami sperimentali in *M. A* sono fatti in uno di quei periodi di calma che susseguono all'agitazione maniaca. Tuttora conserva la fisonomia vivace, lo sguardo mobile, la parola facile e

Digitized by Google

La conclusione principale, che possiamo trarre da queste esperienze, è che nell'esaltamento maniaco semplice, in genere, le cifre psicometriche si avvicinano moltissimo a quelle forniteci dall'uomo normale. Però alla rapidità percettiva va congiunto un grado di energia non sempre eguale dell'attenzione: ciò si desume dalle oscillazioni della massima e della minima, le quali si rendono tanto meno accentuate quanto più la malattia è lieve. Coteste oscillazioni sono notevoli nei primi due casi, in cui l'esaltamento era maggiore e non fu possibile sperimentare con gli stimoli di contatto

Non può comprendersi il significato delle esperienze se non si tien conto dell'attenzione, ed io credo opportuno insistervi alcun poco.

L'attenzione, come dicemmo, è un fenomeno psicologico che rappresenta la visione diretta della percettività; e la sua energia è riposta in quella specie di attività inibitrice che esercitiamo sopra le eccitazioni esteriori od interne, le quali impediscono il rapido ingresso nel punto di mira della coscienza allo stimolo principale, che dev'essere registrato col segno della mano. Inoltre alla genesi ed al rinforzamento dell'attenzione concorre un altro fattore, che la psicologia moderna ravvisa come necessario: questo fattore è il movimento accomodativo o direttivo degli organi di senso.

Ora, se ben si noti, siffatte condizioni mancano in gran parte nell'esaltamento mentale, e la causa precipua è l'av-

pronta. Ricorda con esattezza e sa analizzare nei minuti particolari il suo stato precedente e reagisce agli stimoli prestando molta attenzione.

I risultati delle esperienze offrono quella regolarità, che si riscontra d'ordinario nelle persone sane di mente.

Digitized by Google

vicendarsi più o meno rapido delle idee e delle imagini, che agiscono perturbando il congegno dell'attenzione. Il pazzo non accomoda e non dirige sempre convenientemente i suoi organi sensori. Molte volte egli può mettere in opera quell'energia inibitrice psichica, che è l'attenzione, ma in molte altre, per la natura particolare dell'estrema eccitabilità dei suoi elementi nervosi, non è in grado di concentrare l'attenzione sopra uno stimolo determinato. Questo fenomeno si traduce obiettivamente con la cifra massima del tempo di reazione, che talvolta può raggiungere un'altezza ragguardevole. Ciò conferma sempre il mio avviso, che il periodo fisiologico rappresenti il dinamometro dell'attenzione.

IV.

Forme di malinconia.

Gli stessi fatti, per cause diverse, generatrici però di identici effetti, troviamo nella malinconia.

Le cifre numeriche ci dimostreranno un rallentamento nel decorso cronologico e nell'associazione delle imagini mentali, dipendente da quella specie di arresto onde, per cangiamenti ignoti della sostanza nervosa, sono colpite le attività psichiche, e dal tono sentimentale doloroso che forma la caratteristica del melanconico e ne accompagna i suoi pensieri. In tale stato l'energia dell'attenzione se può qualche volta, quando è vivamente svegliata, rivolgersi agli stimoli esterni determinando una rapida durata dell'atto percettivo, in molti casi, ed in ispecie se il dolore psichico è intenso, non può distrarsi da quel concentra-

Digitized by Google

mento abituale verso un gruppo di idee e di sentimenti tristi, che campeggiano nella mente del povero malato. Quindi anche nella malinconia abbiamo una media sempre alta e più di quella che ci offre l'esaltamento mentale.

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI

Nome	Acustici		Visivi		Tattili	
L. C.	Media	0.166	Media	0.254	Media	0.247
	Massima	0.324	Massima	0.399	Massima	0.450
	Minima	0.106	Minima	0.195	Minima	0.151
	Differenza	0.218	Differenza	0 204	Differenza	0.299
T. C.	Media	0.170	Media	0.271	—	
	Massima	0.269	Massima	0.349		
	Minima	0.099	Minima	0.201		
	Differenza	0 170	Differenza	0.148		
L. E.	Media	0.183	Media	0.330	Media	0.221
	Massima	0.245	Massima	0.431	Massima	0 292
	Minima	0 107	Minima	0.253	Minima	0 164
	Differenza	0.138	Differenza	0.228	Differenza	0.128
D. L.	Media	0.252	—		Media	0.259
	Massima	1.359			Massima	0.575
	Minima	0.095			Minima	0 133
	Differenza	1.264			Differenza	0.442
C. T.	—		Media	0 417	Media	0.329
			Massima	0.725	Massima	0.493
			Minima	0.307	Minima	0.207
			Differenza	0 418	Differenza	0.286

Digitized by Google

Nella malinconia adunque, anche nei casi più semplici come i tre primi segnati dal prospetto, la media del periodo di reazione è elevata. La cifra minima sovente è uguale alla minima normale, ma talvolta, come nelle percezioni visive e tattili, la sopravvanza. Quando lo stato melanconico è profondo, otteniamo cifre altissime con oscillazioni rilevanti tra la massima e la minima.

Debbo infine notare un fatto degno di studio.

Il primo caso del prospetto (*L. C.*) è un esempio tipico di lipemania semplice, sul quale, dopo parecchi mesi, quando già era scomparso ogni fenomeno di depressione mentale, ho potuto rifare le esperienze con lo scopo di instituire un esame comparativo.

Le nuove esperienze provano a chiarissime note la differenza, che riguardo al tempo di reazione passa tra la mente ammalata e la mente normale.

Ed ecco le cifre:

PERIODO DI GUARIGIONE DI *L. C.*

TEMPO DI REAZIONE AGLI STIMOLI VISIVI.

Media	0.201
Massima	0.260
Minima	0.147
Differenza	0.113

TEMPO DI REAZIONE AGLI STIMOLI TATTILI.

Media	0.149
Massima	0.227
Minima	0.123
Differenza	0.104

Digitized by Google

Confrontando queste due serie di esperimenti con le prime, si vede subito che non solo v'è diminuzione notevole della media (98 millesimi di secondo per le reazioni tattili e 53 millesimi per le visive), ma sono molto impiccolite la cifra massima, la minima e la loro differenza.

V.

Deliri sistematizzati primitivi.

Sotto questa categoria s'intendono oggi quelle forme degenerative costituite da pensieri deliranti con allucinazioni. Il delirio può riguardarsi quasi una manifestazione della sfera psichica incosciente ed insorge senza che sia preceduto un periodo di esaltamento o di malinconia (1).

A questo gruppo appartengono parecchie varietà morbose, che la vecchia scienza psichiatrica, con vocabolo specioso e psicologicamente erroneo, chiamava monomanie. La malattia, di cui parliamo, sotto diversa forma e decorso, si sviluppa nei cervelli per eredità e per costituzione alterati nel loro organismo, e ad essa vanno ascritti i così detti deliri di grandezza, di persecuzione, di erotismo e di misticismo religioso, ond'è così funestamente travagliata la società moderna.

Riproduco in un quadro i risultati sperimentali di quattro casi tipici di delirio sistematizzato.

(1) Di questa forma morbosa importantissima, studiata sopratutto in Germania dal Griesinger, dal Sander, dal Westphal, dal Krafft-Ebing, ecc., mi sono occupato in Italia per il primo, ed al mio lavoro rimando il lettore pei particolari, che qui non posso riferire.

Vedi: Buccola, *I deliri sistematizzati primitivi. Nota di psicologia patologica.* Rivista sperimentale di Freniatria, Anno VIII, p. 83.

Digitized by Google

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI

Nome	Acustici		Visivi		Tattili	
O. P. Delirio sistematizzato religioso	Media	0.156	Media	0.276	Media	0.235
	Massima	0.268	Massima	0.357	Massima	0.315
	Minima	0.117	Minima	0 237	Minima	0 170
	Differenza	0.151	Differenza	0.120	Differenza	0.146
P. P. Delirio sistematizz. allucinatorio a forma acuta	Media	0 203	Media	0 318	Media	0.267
	Massima	0.322	Massima	0 440	Massima	0.472
	Minima	0 125	Minima	0 213	Minima	0.160
	Differenza	0.197	Differenza	0.227	Differenza	0.312
G. L. Delirio sistematizzato di grandezza	Media	0.178	—		Media	0.285
	Massima	0 232			Massima	0.384
	Minima	0.112			Minima	0 181
	Differenza	0.170			Differenza	0.203
A. T. Delirio sistematizzato di persecuzione	Media	0.196	—		Media	0.317
	Massima	0 288			Massima	0.385
	Minima	0.141			Minima	0 257
	Differenza	0.147			Differenza	0.128

Le cifre suesposte, nelle quali l'altezza della media va congiunta a quella della minima, che è notevolissima in qualche caso, ci dimostrano un difetto di energia e di vivacità nel processo percettivo per non lieve alterazione del cervello.

Digitized by Google

VI.

Forme di epilessia.

Dei quattro casi che ebbi agio di osservare, il primo è un esempio di epilessia genuina, non accoppiata a disordini della mente; gli altri invece portano i segni di quella che dicesi « degenerazione psichica degli epilettici. » Poco alla volta gli effetti malefici del morbo si ripercuotono nel dominio della vita mentale, e ne derivano la stranezza del carattere, le anomalie degli affetti e l'affievolimento delle energie intellettive.

TEMPI DI REAZIONE AGLI STIMOLI

Nome	Acustici		Visivi		Tattili	
A. M.	Media	0.137	Media	0.207	Media	0.187
	Massima	0.198	Massima	0.250	Massima	0.231
	Minima	0.109	Minima	0.171	Minima	0.138
	Differenza	0.089	Differenza	0.079	Differenza	0.093
B. C.	Media	0.151	Media	0.228	Media	0.219
	Massima	0.260	Massima	0.391	Massima	0.322
	Minima	0.110	Minima	0.169	Minima	0.124
	Differenza	0.150	Differenza	0.132	Differenza	0.198
P. G.	Media	0.177	Media	0.235	Media	0.251
	Massima	0.269	Massima	0.346	Massima	0.358
	Minima	0.130	Minima	0.183	Minima	0.192
	Differenza	0.139	Differenza	0.163	Differenza	0.166
A. G.	Media	0.191	Media	0.217	Media	0.266
	Massima	0.285	Massima	0.323	Massima	0.452
	Minima	0.122	Minima	0.186	Minima	0.207
	Differenza	0.163	Differenza	0.147	Differenza	0.245

Digitized by Google

Mentre nell'epilessia semplice il periodo fisiologico può decorrere senza grande differenza dai limiti normali, diventa invece più lungo quando appariscono i segni caratteristici della degenerazione psichica. Allora le cifre di reazione assumono un andamento analogo a quello della demenza, e ciò specialmente si rileva dall'ultimo esempio.

Debbo infine far cenno di un fenomeno interessante.

Nel secondo caso (*B. C.*) ebbi agio di misurare varie reazioni agli stimoli acustici e tattili alcune ore dopo un accesso convulsivo, che durò venticinque minuti. L'individuo era in uno stato di lieve obnubilamento psichico e faceva travedere quel senso di angoscia, che è così frequente nei periodi postepilettici.

TEMPI DI REAZIONE DOPO L'ACCESSO EPILETTICO.

STIMOLO ACUSTICO		STIMOLO TATTILE	
Media	0.188	Media	0 270
Massima	0.337	Massima	0.384
Minima	0.121	Minima	0.193

Messe in confronto queste reazioni con le precedenti, si osserva un aumento non solo della media, ma anche della cifra massima e della minima. L'aumento della media è di 0.037 per le acustiche e di 0.051 per le eccitazioni tattili.

Guardando ora da un punto di vista sintetico le nostre esperienze, possiamo dire che nelle varie forme di malattie mentali da noi esaminate, eccetto qualche caso di semplice esaltamento maniaco, vi è ritardo più o meno ragguardevole nella durata delle percezioni. Questo ritardo si manifesta o con aumento della cifra media e della minima, cioè del più breve tempo con cui si reagisce, o con au-

Digitized by Google

mento della media, rimanendo la minima nei limiti normali. La prima condizione si trova confermata nei diversi stadii della demenza, nell'imbecillità, nell'idiotismo, nei deliri sistematizzati e nelle forme decisamente degenerative degli epilettici; la seconda nell'esaltamento maniaco, in taluni casi di lipemania semplice e nell'epilessia non associata ancora a pervertimenti psichici.

L'aumento del periodo minimo, come ha fatto notare l'Obersteiner, corrisponde ad una degenerazione organica delle cellule cerebrali, e perciò non si riscontra d'ordinario nelle forme classiche primitive di pazzia, sibbene nelle molteplici manifestazioni della demenza e nell'incompleto sviluppo funzionale degli organi psichici, cioè nell'imbecillità e nell'idiotismo. Se l'aumento della media succede con grandi oscillazioni tra i singoli valori di reazione, allora o manca organicamente l'energia necessaria al concentramento dell'attenzione, o v'è il predominio di qualche fattore mentale. La prima circostanza si verifica, per esempio, nelle forme di indebolimento acquisito o di arresto evolutivo del cervello, e l'altra nella lipemania, in cui il ritardo del periodo fisiologico è spiegabile pel fatto che nella mente dei melanconici predomina un gruppo di idee e di sentimenti oppressivi, che impediscono la libera circolazione del pensiero. Però quando si riesce a deviare la loro attenzione dal triste concentramento in cui vivono i melanconici, le cifre numeriche raggiungono un minimo, che è identico al normale o gli si avvicina di molto, come abbiamo osservato in parecchi dei nostri casi: ciò che è impossibile ottenere nelle forme mentali degenerative, che recano con sè l'affievolimento di tutti i processi centrali ed anche forse della capacità conduttrice periferica.

Digitized by Google

CAPITOLO VIII

IL TEMPO DI REAZIONE ED IL SENSO DELLO SPAZIO TATTILE.

Prima di passare allo studio dei fenomeni psichici complessi, debbo toccare di un problema, che merita attenta disamina. Il problema riguarda la corrispondenza che trascorre fra il tempo fisiologico di reazione ed il luogo dell'organo di senso, in cui si produce l'eccitamento.

Già nel senso estensivo per eccellenza, l'occhio, questa corrispondenza fu dimostrata in modo evidentissimo. La percezione ottica, che consegue allo stimolo dei vari segmenti retinici ha valori diversi; ed il Kries e l'Auerbach han potuto osservare che i tempi di reazione alla scintilla elettrica vista direttamente sono più brevi degli altri tempi, nei quali la visione è indiretta.

Ma poco appresso l'Hall e il Kries adoperando, invece della scintilla elettrica nello spazio oscuro, il tubo di Geissler, col quale la maggiore intensità luminosa è accompagnata da silenzio completo, disposero le espe-

Digitized by Google

rienze siffattamente che lo stimolo ottico ora apparisse nel punto di fissazione, ora in altri punti della periferia del campo visivo (1). A prima giunta si nota che i valori di reazione per le zone inferiori ed esterne del campo visivo sono quasi eguali; che il valore per la metà temporale è più piccolo della mediale, e per la inferiore più piccolo della superiore (2). Quivi il rapporto è chiarissimo tra le cifre di reazione e la diversa attitudine funzionale dei vari segmenti retinici. Nell'acutezza della vista, nella estensione e nel senso dei colori, sotto eguale distanza angolare, la metà temporale del campo visivo è preferita alla mediale, l'inferiore alla superiore: e ciò, senza lunghi ragionamenti, devesi a fatti organici di abitudine e di esperienza.

Il Charpentier, che ha arricchito la fisiologia del senso visivo di studi molto interessanti, ha osservato che il tempo della percezione luminosa è sempre maggiore nella visione indiretta che nella diretta, ed è tanto più notevole quanto più il segmento della retina colpito dalla luce si allontana dal centro (3). Questo fenomeno, sia detto

(1) Hall u. Krifs, *Ueber die Abhängigkeit der Reactionszeiten vom Ort des Reizes*. Archiv für Physiologie, 1879. Suppl. Band, p. 1 e seg.

(2) È molto probabile (soggiungono gli A.) attribuire le differenze ai tempi di conducimento nelle fibre nervose periferiche; ma è assai più verosimile che gli elementi centrali dei tempi di reazione siano diversi secondo il luogo eccitato.

(3) Charpentier, *Sur la durée de la perception lumineuse dans la vision directe et dans la vision indirecte*. Académie des sciences de Paris: Séance du 10 juillet 1882.

L'A. dimostra pure che la durata della percezione diretta è sensibilmente la stessa per l'occhio destro e per l'occhio sinistro quando si trovano nello stato normale.

Digitized by Google

di passaggio, non dipenderebbe, a giudizio del valente oftalmologo, da una differenza di sensibilità, poichè la retina in ogni sua zona è quasi nello stesso modo sensibile alla luce. La diversità cronologica tra le due forme di visione raggiunge il suo massimo a principio delle esperienze, e, per il punto centrale e per un altro punto corrispondente a 80° nella parte esterna del campo visivo, può estendersi fino ai 7 centesimi di secondo. Tuttavia la disparità numerica si attenua con l'esercizio, e a capo di qualche mese riducesi a 0.02; ma sempre la visione diretta nei due occhi avviene più rapidamente.

Nel senso del tatto le ricerche sperimentali, eccetto quelle del Vintschgau, finora non sono state concordi. I diversi punti dell'organo cutaneo eccitati dànno, è vero, cifre cronometriche diverse, ma non ne risulta la correlazione diretta fra il tempo fisiologico e la maggiore o minore capacità funzionale della pelle, o, per dir meglio, fra il tempo fisiologico ed il senso locale.

Io ho voluto pertanto riprendere la quistione, che è di altissimo interesse, e studiarla con lunga serie di esperimenti.

Anzitutto però mi sia permesso di osservare che la divergenza e la non uniformità dei risultati dipende forse dalla specie dell'eccitamento impiegato. Stimolare una zona della pelle col contatto di un oggetto o con la corrente elettrica non è lo stesso. La corrente, a parte il diverso potere di conducibilità degli strati cutanei, non è il vero stimolo tattile fisiologico, non foss'altro perchè con l'organo proprio di senso, coi corpuscoli del tatto, partecipano al processo eccitativo anche le fibre nervose, le quali alla loro volta non risentono tutte egualmente la medesima

Digitized by Google

intensità dello stimolo. Inoltre, quando si vuol paragonare il tempo di reazione di due punti della superficie tattile con la corrente elettrica, non solo è richiesta l'identità nel grado della forza stimolatrice, ma l'eguale distanza fra gli elettrodi.

L'Exner, al cui pensiero dovettero affacciarsi le cennate difficoltà, tentò di sperimentare col semplice contatto della superficie cutanea, adattando al disco del suo apparecchio un piccolo bottone metallico, al quale egli poteva avvicinare la punta del dito medio in tal modo che ad ogni rotazione il bottone strisciasse leggermente sopra la pelle. Pure il toccamento era così lieve che talvolta riesciva difficile dire se il bottone strisciasse o se la corrente d'aria mossa dalla ruota cagionasse la sensazione: d'onde la nessuna concordanza dei risultati, dei quali l'Exner non tenne conto. Invece col pennello da noi descritto crediamo di avere trovato il mezzo, che possiede i veri caratteri fisiologici dello stimolo del tatto, vince di gran lunga la pressione usata da taluni, e si conforma alle più rigorose esigenze sperimentali.

Per dimostrare poi, meglio che con idee astratte, la necessità di preferire nelle ricerche fisiologiche sull'organo della sensibilità tattile l'eccitamento di contatto a quello della corrente, metto sott'occhio del lettore prima alcune cifre di mie esperienze, nelle quali si vede il vario modo di agire, sopra una stessa zona cutanea, del pennello e della corrente a due gradi diversi d'intensità (debole e forte), e quindi le cifre comparative dei tempi ottenuti in due regioni distinte.

Ho scelto come luogo di eccitamento la punta del dito medio sinistro.

Digitized by Google

Le cifre seguenti esprimono la durata della reazione al contatto semplice e ai due gradi della corrente elettrica:

	Contatto	Eccitamento elettrico debole	Eccitamento elettrico forte
T.	0.118	0.143	0.129
L.	0.136	0.148	0 123
Tr.	0.145	0.167	0.143

Sempre il contatto del pennello è percepito prima dell'eccitamento elettrico debole, in *T* di 0.025, in *L* di 0.012, in *Tr.* di 0.022; ed il tempo di reazione, adoperando la corrente forte, continua ad essere più breve nel primo caso di 0 011, è superato da 10 millesimi nel secondo, ed è quasi eguale nel terzo (1). Non faccia poi meraviglia se

(1) Il Wundt ha trovato che il tempo fisiologico all' eccitamento elettro-cutaneo è alquanto minore di quello per le sensazioni veramente tattili. Ciò dipenderà benissimo dal grado di forza dello stimolo elettrico e da possibili suscettività individuali.

Il Wittich anch'egli ha riscontrato il medesimo fenomeno, ma in proporzioni molto più accentuate. Con l'eccitamento elettrico e con la pressione sullo stesso punto della superficie cutanea ottiene le seguenti cifre:

	Mano	Piede
Eccitamento elettrico	0.163	0.177
Pressione	0.236	0.256

Queste esperienze, secondo il Wittich, dimostrerebbero che lo stimolo adeguato (pressione cutanea) deve vincere una certa resi-

Digitized by Google

anche con la corrente forte è percepito talvolta prima il contatto. Si pensi che noi conosciamo pochissimo la funzionalità degli organi tattili, nè possiamo valutare l'energia che si sviluppa dai corpuscoli, i quali per loro particolare costituzione anatomica sarebbero, come nota lo Spencer, veri moltiplicatori di eccitamento.

Ma il carattere anormale dello stimolo elettrico, paragonato allo stimolo fisiologicamente specifico del contatto, risalta meglio dalle esperienze del Vintschgau, che ha messo in confronto due zone distinte, la punta del dito medio e l'apice della lingua, nella quale, come si sa, il potere tattile o il senso locale è più sviluppato, e le durate della reazione sono generalmente le più brevi fra quelle che si possono ottenere eccitando le altre parti del corpo.

stenza negli apparati terminali analogamente a ciò che avviene nel senso ottico, in cui la visione di una scintilla (stimolo adeguato) ha un decorso cronologico più grande che la percezione dell'eccitamento elettrico diretto della retina. Però mi è lecito aggiungere che mentre nell'occhio, stando alle cifre del Wittich, la differenza di tempo fra l'eccitazione adeguata e la elettrica è di soli 20 millesimi; nell'organo tattile invece la differenza raggiunge un valore quadruplo, di 70-80 millesimi di secondo. Ciascuno, per non dire altro, comprenderà che non possono paragonarsi sotto questo riguardo due organi di senso funzionalmente dissimili.

Vedi: Wittich, *Bemerkungen zu Preyer's Abhandlung über die Grenzen des Empfindungsvermögens und Willens.* Pflüger's Archiv, Bd. II, p. 329.

Digitized by Google

TEMPI DI REAZIONE.

		I.	II.	III.	IV.
CONTATTO	Punta del dito	0.1563	0.1790	0.1299	0.1448
	Apice della lingua	0.1507	0.1742	0.1251	0 1211
	Differenza	0.0056	0.0048	0.0048	0.0237
		I.	II.	III.	IV.
STIMOLO ELETTRICO (debole)	Punta del dito	0.1747	0.1860	0.1087	0.1499
	Apice della lingua	0.1774	0 1764	0.0982	0.1545
	Differenza	+ 0027	+ 0096	+ 0105	— 0046 (1)

I due prospetti dimostrano che il tempo fisiologico di reazione al semplice contatto è segnalato prima dalla lingua che dal dito, e che, tanto nell'una come nell'altro, ad eccezione nel caso III, lo stimolo elettrico è avvertito più tardi. Ma nella seconda tavola, in cui si raffrontano le durate delle percezioni dello stimolo elettrico corrispondentemente a due punti distinti, vien fuori una strana novità, cioè che in alcuni è più breve la reazione della punta del dito in evidente controsenso coi risultati del semplice contatto.

E tanto nel caso I che nel caso IV, nei quali è palese la cennata anomalia, affinchè si ripristini la legge fisio-

(1) Il segno — indica che l'eccitamento della punta della lingua è sentito più tardi di quello della punta del dito: il segno + il contrario.

Digitized by Google

logica della minor durata dell'atto percettivo nei punti più squisitamente sensibili, è mestieri aumentare l'intensità della corrente: allora ad una eccitazione più forte si cangiano i rapporti prima ottenuti, come si vede dalle cifre seguenti:

ECCITAMENTO ELETTRICO FORTE.

	Apice della lingua	Punta del dito
I.	0.1304	0.1365
IV.	0.1239	0.1262

Il diverso potere di conduzione della mucosa linguale e della cute del dito, che nelle esperienze con eccitamento elettrico debole costituisce forse la causa precipua delle anomalie del tempo fisiologico, è sopravvinto ora dalla intensità maggiore dello stimolo, il quale, dispiegandosi pressochè egualmente sui nervi gustativi e tattili, torna a riconfermare l'esperienza comune che nella lingua si percepisce prima che nel dito un'impressione esteriore.

Avuto riguardo ai fenomeni, di cui si è discorso, nelle mie esperienze sul senso tattile ho tenuto poco conto della corrente elettrica, sebbene talvolta mi fosse avvenuto di vedervi la prova evidente della relazione che vogliamo studiare.

Così in due persone, nelle quali stimolai con la corrente la punta del dito medio sinistro e la parte centrale del dorso della mano, ebbi tempi di reazione in ambedue più brevi al polpastrello:

	Punta del dito	Dorso della mano
Tr. Eccitamento elettrico debole	0.167	0.175
B. Eccitamento elettrico forte	0.124	0.126

Digitized by Google

Ma prima di esporre con maggiore ampiezza i risultati delle mie ricerche sul problema, che forma oggetto speciale di questo capitolo, è necessario che ricordi quello che in proposito trovasi registrato nella letteratura psicometrica contemporanea.

L'Exner fra i primi, mercè lo stimolo elettrico applicato sopra diverse regioni, ottenne le cifre che seguono:

TEMPI DI REAZIONE.

Mano sinistra	0.1283
Fronte	0.1374
Piede sinistro	0.1749

Il Bloch, scegliendo come luogo di eccitamento varie parti della pelle (mano, naso, antibraccio e piede) ed usando del semplice contatto, potè, in base dei valori numerici ottenuti, provare che in simili ricerche comparative la durata, ad esempio, è più breve dopo l'eccitamento della mano, mentre è più lunga quando si stimola l'antibraccio, in cui le zone cutanee dimostransi non molto abituate alle impressioni tattili. I tempi di reazione del Bloch sarebbero compresi

nella *mano*	tra	0.115	e	0.145
nel *naso*	»	0.130	»	0.170
nell'*arambraccio*	»	0.140	»	0.180
nel *piede*	»	0.160	»	0.200

Anche il Marey, senza addurre prove esplicite, significò quasi il medesimo pensiero. Poco importa di sapere, egli dice, se il tempo fisiologico nell'eccitare la mano

Digitized by Google

decorra in un periodo assai breve, perchè lo stimolo si dispiega con più viva intensità sopra apparecchi tattili perfezionati, o perchè l'abitudine ha reso il nostro cervello adatto a percepirne meglio l'impressione: fatto è che la determinazione volontaria avviene più rapida dopo l'eccitamento dell'apice del dito che dopo l'eccitamento della spalla, la quale è assai meno lontana dai centri percettivi (1).

Altri osservatori o hanno sorvolato sulla quistione importantissima, o hanno dato dei giudizi poco attendibili. Così il Kries e l'Auerbach, nell'eccitare con l'elettricità la superficie dorsale del dito medio alla base della terza falange e il dorso della mano presso l'articolazione, trovarono:

TEMPI DI REAZIONE.

	K	A
Dito medio	0.117	0.146
Dorso della mano	0.119	0.147

È sorprendente, a giudizio dei due sperimentatori, non osservare alcuna diversità cronometrica fra il dito e il dorso della mano. La distanza fra i due punti è di 16 centimetri, e calcolando la velocità della trasmissione nervosa a 60 metri il secondo, vi dovrebbe essere una differenza di 0.004. Per la qual cosa il Kries e l'Auerbach concludono con queste parole: è possibile che il fatto sia avvenuto per causa dell'ineguale intensità dello stimolo, ma è pur possibile che all'eccitamento dei diversi punti si reagisca in modo diverso (2).

(1) Marey, *La méthode graphique*, ec, p. 149.
(2) L. c.

Digitized by Google

Tra i recenti, l'Hall e il Kries ne fecero oggetto di uno studio speciale, e le loro conchiusioni meritano di essere rilevate. Essi sperimentano con la corrente faradica sopra due segmenti della superficie cutanea, segnano i singoli tempi di reazione e ne mettono in confronto le medie.

Nella punta dell'indice ed in una zona del braccio, che corrisponde all'inserzione del muscolo deltoide, i risultati furono questi:

TEMPI DI REAZIONE.

	H	K
Dito	0.147	0.129
Braccio	0.152	0.126

Nell'uno l'eccitamento elettrico della punta dell'indice è avvertito 0.005 prima dell'eccitamento del braccio, mentre nell'altro, come si vede, ritarda di 3 millesimi.

Poi facendo uno studio comparativo fra il dito e la nuca, e tra la lingua e la fronte ottengono diversi valori:

TEMPI DI REAZIONE.

	H	K
Dito	0.150	0.123
Nuca	0.142	0.120
Fronte	0.163	0.122
Lingua	0.166	0.126

Finalmente tra il lato dorsale e volare dell'ultima falange dell'indice non trovano alcuna differenza: sicchè, secondo la loro opinione, suffragata però, a quanto pare, da pochi esperimenti, in niun modo può affermarsi una dipendenza così intima fra il tempo fisiologico ed il senso

Digitized by Google

locale o di spazio (Raumsinn), che sempre dalle regioni fornite di più squisita potenza tattile le durate dell'atto percettivo debbano risultare minori. Sebbene all'apice della lingua, per le classiche ricerche del Weber, il senso di luogo, sia venti volte più fine di quello della fronte, e nessuna avvertibile differenza ci venga data di scoprire nei tempi di conduzione dei due punti, nondimeno con le esperienze di Hall e Kries la durata del periodo fisiologico è più lunga stimolando la lingua che la fronte.

Anche qui dovremmo ripetere quello già detto di sopra, cioè che l'eccitamento elettrico non è lo stimolo adeguato dell'organo del tatto. Inoltre aggiungiamo, e ne convengono gli stessi sperimentatori, che è impossibile rendere subiettivamente eguale in intensità uno stimolo applicato sopra due punti diversi della pelle, dove per conseguenza debbono generarsi due qualità di sensazione. Infine, perchè le cifre della durata fisiologica siano valevoli, è necessario desumerle da parecchie serie di esperienze, non bastando pochi frammenti a formulare od a sconfessare una legge. Conviene pur sempre ricordarsi che con queste ricerche si studiano fenomeni biologici complessi, i quali per il loro atteggiamento e per la loro tessitura non possono svelarci sulle prime le leggi onde sono governati.

Alle deduzioni di Hall e Kries non si accorda il Vintschgau, il quale ha chiarito con esperienze di contatto l'intima correlazione che passa tra il tempo fisiologico ed il senso locale (1).

In primo luogo, egli sperimenta sopra un organo squisitamente sensibile come la lingua, in cui però il senso di

(1) Vintschgau, *Die physiologische Reactionszeit und der Ortsinn der Haut.* Pflüger's Archiv. f. d. gesam. Phys. Bd. XXII, 1880, p. 87.

Digitized by Google

località è, per così dire, distribuito variamente: massimo all'apice, diviene meno chiaro a misura che ci avviciniamo alla base. Nella lingua inoltre v'è un altro vantaggio, cioè che la distanza dei conduttori nervosi da ogni singolo punto di essa fino ai centri cerebrali si può considerare eguale.

Ora, d'ordinario, la maggiore o minore durata della reazione corre in linea parallela con la maggiore o minore squisitezza del senso locale: onde, in una persona, per citare qualche esempio, alla punta della lingua troveremo un tempo di reazione di 0.1522, mentre alla parte mediana è di 0.1877, vale a dire con una differenza in più di 355 diecimillesimi di secondo. In altro individuo, cui furono eccitate tre zone diverse della lingua, le medie normali stanno nel rapporto che segue:

Punta della lingua	0.1271
Parte mediana	0.1302
Base	0.1432

Analoghe relazioni sussistono per la superficie cutanea, nella quale il Vintschgau ha scelto punti che, quasi egualmente distanti dal cervello (e ciò rende trascurabile la differenza di durata nella propagazione dell'eccitamento nervoso) offrono segni distintivi assai spiccati del giudizio o del senso di località. Questi punti sono: il lato volare della terza falange del medio, il lato volare e il lato dorsale della prima falange dello stesso dito, la superficie dorsale del capitello del metacarpo corrispondente.

Dai risultati sperimentali ottenuti sopra tre persone si deduce che in due di esse il toccamento della punta del dito è segnalato prima di quello del metacarpo, la qual cosa non è osservabile nella terza; mentre tanto in que-

Digitized by Google

st' ultima come pure in un' altra il tempo di reazione è minore quando si eccita il lato volare anzi che il lato dorsale della prima falange.

Il senso di luogo variamente sviluppato sulle diverse parti della pelle è l'unico fatto, cui si debba attribuire un significato causale. Tuttavia è mestieri soggiungere che il Vintschgau notò in due persone che il contatto della superficie volare della terza falange, sebbene fornita di senso assai squisito di località, era percepito più tardi del contatto alla faccia corrispondente della prima; ma poichè le sue ricerche sono pochissime, non ne è esclusa, com'egli stesso dice, la possibilità di differenze individuali, che del resto non sono rare. La legge di correlazione fra il tempo fisiologico ed il senso locale è rappresentata però con evidenza mirabile mettendo a confronto gli esperimenti eseguiti sulla punta del dito e sull'apice della lingua.

TEMPI DI REAZIONE.

	I.	II.	III.
Punta del dito	0.1629	0.1371	0.1539
Punta della lingua	0.1522	0.1271	0.1410
Differenza	0.0107	0 0100	0 0159

Ciò significa che la percezione di un eccitamento alla lingua è più breve nella sua durata di analogo eccitamento alla punta del dito per due momenti, che agiscono nello stesso senso: la minore lunghezza dei conduttori nervosi dalla lingua al centro percettivo e la maggiore finezza del senso di località (1).

(1) VINTSCHGAU, l. c.

Digitized by Google

A queste molteplici esperienze, che stimai necessario ricordare, fan seguito ora le mie.

Le cifre che presento sono il risultato di parecchie serie di osservazioni compiute con la massima diligenza in diversi giorni. Per lo più ogni serie consta di cinquanta esperienze per ogni singolo punto della pelle, e la media normale è dedotta dalle singole medie delle serie. Esclusi dalle ricerche gli individui poco esercitati alle reazioni di contatto, preferendo di sperimentare sopra di quelli che, a parità di condizioni, avessero raggiunto il maggiore esercizio. Come luoghi di eccitamento scelsi, sebbene non egualmente in tutte le persone, il polpastrello del dito medio sinistro, il lato volare e dorsale della prima falange dello stesso dito, il dorso della mano, il terzo inferiore dell'avambraccio nella sua faccia anteriore, la regione mediana della fronte e l'apice della lingua.

Ecco riassunti schematicamente i valori di reazione:

		Medie normali
T.	Punta del dito	0.118
	Dorso della mano	0.126
	Lato volare della 1ª falange	0.125

		Medie normali
Tr.	Punta del dito	0.146
	Dorso della mano	0.150
	Terzo inferiore dell'avambraccio	0.149
	Apice della lingua	0.140

Digitized by Google

		Medie normali
H.	Punta del dito	0.134
	Dorso della mano	0.141
	Terzo inferiore dell'avambraccio	0.142
	Fronte	0.140
	Apice della lingua	0.123

		Medie normali
B.	Punta del dito	0.119
	Dorso della mano	0.125
	Lato dorsale della 1ª falange	0.124
	Lato volare della 1ª falange	0.121
	Fronte	0.124
	Apice della lingua	0.117

		Medie normali
L.	Punta del dito	0.136
	Dorso della mano	0.138
	Fronte	0.139
	Apice della lingua	0.130

Sembra, se non m'inganno, che queste esperienze così esplicite spargano molta luce sul problema, di cui ci siamo occupati. Al di sopra dei ragionamenti e delle ipotesi metto il semplice registro dei fatti, che il lettore può agevolmente valutare nella loro importanza.

Nondimeno, affinchè risalti con maggiore vivezza la legge di correlazione fra il tempo fisiologico ed il senso locale, credo opportuno di comporre alcune tavole, dove sono messe a raffronto immediato le durate della percezione in due punti del corpo, ed è anche segnata la loro differenza, che in millesimi di secondo esprime il minore intervallo richiesto dalla regione più fornita di senso dello spazio tattile.

Digitized by Google

Tav. I.

Luogo di eccitamento	T.	Tr.	H.	B.	L.	
Dorso della mano	0 126	0 150	0.141	0.125	0.138	Medie normali
Punta del dito	0.118	0.146	0.134	0 119	0.136	
Differenza	0.008	0.004	0.007	0 006	0.002	

Tav. II.

Luogo di eccitamento	Tr.	H.	B.	L.	
Dorso della mano	0.150	0.141	0.125	0.138	Medie normali
Apice della lingua	0.140	0.123	0.117	0.130	
Differenza	0.010	0.018	0.008	0.008	

Tav. III.

Luogo di eccitamento	Tr.	H.	B.	L.	
Punta del dito	0.146	0.134	0.119	0.136	Medie normali
Apice della lingua	0.140	0.123	0.117	0.130	
Differenza	0 003	0.011	0.002	0.006	

Digitized by Google

Tav. IV.

Luogo di eccitamento	H.	B.	L.	
Fronte	0.140	0.121	0.139	Medie normali
Apice della lingua	0.123	0.117	0.130	
Differenza	0.017	0.007	0.009	

Tav. V.

Luogo di eccitamento	H.	B.	L.	
Fronte	0 140	0.124	0.139	Medie normali
Punta del dito	0.134	0 119	0.136	
Differenza	0.003	0.005	0.003	

Tav. VI.

Luogo di eccitamento	T.	B.	
Lato volare della 1ª falange	0.125	0 121	Medie normali
Punta del dito	0.118	0.119	
Differenza	0.007	0.002	

Digitized by Google

Tav. VII.

Luogo di eccitamento	Tr.	H.	
Terzo inferiore dell'avambraccio	0 149	0.142	Medie normali
Punta del dito	0.146	0.134	
Differenza	0.003	0.003	

Questi saggi provano sovratutto che non sempre l'eccitamento di punti assai lontani dagli organi psichici centrali determina le reazioni più tarde; ma che anzi la brevità del periodo fisiologico rivelasi visibilmente costante, se la zona cutanea eccitata è capace al pronto esercizio del potere tattile. La qual legge si può formulare meglio dicendo: che esiste un rapporto intimo fra il senso locale ed il tempo di reazione.

Come l'analisi psicologica ha scoperto che di certe regioni della superficie del corpo noi possediamo una rappresentazione mentale chiarissima, in modo che siamo in grado di segnare con sicurezza quasi meccanica il punto in cui si dispiega uno stimolo esterno, distinguendolo dai punti contigui; così l'analisi cronometrica degli atti elementari di percezione ci ha fatto vedere che anche il semplice contatto è avvertito dalla coscienza in un tempuscolo più breve, se la causa eccitatrice opera sopra quelle zone, che sono fornite di maggiore attitudine discriminativa. In virtù di tale legge, la lunghezza dei condut-

Digitized by Google

tori nervosi sensitivi, da taluni supposta come elemento costante nel calcolo e nella determinazione cronometrica del periodo fisiologico, non può nè deve costituire un criterio assoluto per valutare la velocità della corrente nelle fibre nervee.

Sebbene non sia questo il momento opportuno per investigare la natura del senso dello spazio tattile, cui si riannodano le quistioni più alte della psicologia soggettiva, nondimeno l'accennare di volo, come complemento del nostro studio, alle ipotesi con le quali viene interpretato, non ci sembra superfluo.

Da parte nostra, seguaci delle dottrine evolutive, non possiamo accogliere quella teoria che nega al senso di luogo ogni possibilità genetica e afferma quindi essere la nozione di spazio intuitivamente concreata con gli organi. Il senso locale sarebbe invece un prodotto psicologico molto complesso di esperienza e di abitudini associate, e consisterebbe nell'aggiungere alla qualità della sensazione certe imagini tattili, muscolari e visive: infatti, tramutare e riferire a rapporto di spazio le differenze qualitative della sensazione, cioè quel colorito proprio che ciascun elemento nervoso cutaneo dà alla sensazione, è un effetto finale dell'abitudine e dell'opera combinata dei sensi tattile, muscolare e visivo. La rappresentazione topografica del corpo, che portiamo registrata nel cervello, riconosce come causa efficiente l'esercizio e l'esperienza: più un segmento del nostro corpo è capace per lungo uso di provocare sensazioni muscolari associate e di svolgersi, secondo la legge del Vierordt, in ampia mobilità (1), e più la imagine

(1) Vierordt, *Die Abhängigkeit der Ausbildung des Raumsinnes der Haut von der Beweglichkeit der Körpertheile.* Zeitschrift für Biologie, Bd. VI, p. 53.

Digitized by Google

mentale corrispondente si manifesta chiara e vivace. E le esperienze sulla durata della reazione e del discernimento tattile, fatte specialmente nei fanciulli, in quell'età appunto in cui i poteri fisiologici e psichici non hanno raggiunto la loro completa evoluzione, gioverà senza dubbio ad illuminare nella sua genesi il fenomeno meraviglioso del senso locale, che la scienza moderna, sottraendolo alle sfere della trascendenza metafisica, ha portato arditamente nel dominio dell'analisi sperimentale.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO IX

IL TEMPO DEL DISCERNIMENTO E DELLA DETERMINAZIONE VOLITIVA.

Un vasto campo di ricerche si apre ora dinanzi a noi. La misura del tempo nell'atto psichico più elementare, che è la percezione di un fenomeno esterno, ci offre i mezzi di ottenere i valori cronometrici di processi mentali più elevati.

Posta come base la cifra, che rappresenta l'indice medio e quasi costante del periodo fisiologico per un eccitamento visivo, acustico o tattile, possono le condizioni dell'esperienza ordinarsi siffattamente che tutto il tempo di reazione si complichi alquanto ed assuma quindi una durata maggiore. Ma le circostanze variabili, che introduciamo in questa nuova serie di ricerche, non alterano gli elementi, così detti, fisiologici della reazione, poichè il conducimento periferico di senso e di moto resta il medesimo: solo gli elementi centrali o psicofisici diventano complessi, ed il soprappiù di tempo che ci registrano gli apparecchi va segnato a loro conto.

Digitized by Google

Nella misura del tempo fisiologico normale il decorso degli intervalli psicofisici è semplicissimo. Uno stimolo sonoro, luminoso, tattile, odorifero o gustativo, conosciuto nella sua qualità e nella sua intensità, agisce sull'organo di senso corrispondente, per cui il processo mentale di appercezione compiesi nel modo, direi quasi, più elementare: l'energia dell'attenzione è solamente rivolta a tradurre l'eccitamento nel punto di mira della coscienza. Se però l'atto di comprendere una impressione di senso deve andar congiunto all'atto di distinguere la impressione sudetta da altre congeneri, allora noi registriamo un nuovo tempo, nel quale è inserita un'operazione intellettuale. Prima la persona di esperimento doveva reagire con la mano appena percepiva lo stimolo luminoso *a;* ora invece deve reagire, sempre col medesimo segnale, quando, supponiamo il caso, fra due eccitamenti *a* e *b*, che appariscono in maniera irregolare, egli distingua quello che fu preventivamente stabilito.

Seguendo questo indirizzo nelle esperienze, noi riesciamo a misurare la durata del giudizio o del discernimento fra due impressioni fatte sullo stesso organo di senso per rispetto alla loro natura od al luogo in cui si producono. Ed è ciò importantissimo; poichè il discernimento, come tutti sanno, è uno degli elementi costitutivi dell'intelligenza, è il vero cominciamento della nostra vita mentale e rappresenta, a dire del Bain, il principio di relatività applicato al pensiero (1).

Ma v'è dippiù.

Nei medesimi atti psichici elementari troviamo come

(1) Bain, *L'esprit et le corps.* Ch. V: L'intelligence. Paris, 1876.

Digitized by Google

all'appercezione di uno stimolo di senso debba seguire un eccitamento volitivo. Ora, se ben si considerino i rapporti che passano tra i fenomeni della mente, in questi casi non esiste, come ha dimostrato il Wundt, un tempo volitivo speciale. Tra il compimento dell'appercezione e lo sviluppo dell'impulso motore manca ogni intervallo, e v'è per contrario coincidenza pel fatto che lo sforzo dell'attenzione costituisce nello stesso tempo una crescente energia di volontà. Quindi se vogliamo calcolare la durata dell'eccitamento volitivo, bisogna rendere meno semplici le condizioni dell'esperienza provocando un atto di scelta. Così se per l'innanzi l'individuo sottoposto alle nostre ricerche dava il segnale di reazione ad un dato stimolo sempre col movimento della mano destra, ora invece il modo di reagire è reso dipendente dalla qualità, dall'intensità o dal luogo dell'eccitamento. È naturale frattanto che l'atto di scelta debba contenere in sé l'atto discriminativo.

Nella letteratura contemporanea le ricerche sperimentali sul discernimento e sulla scelta o tempo volitivo, che hanno maggiore importanza, sono quelle del Donders, di Kries e Auerbach e del Wundt, cui devesi il merito d'aver chiarito alcuni aspetti del problema psicometrico (1).

(1) Donders, *Die Schnelligkeit psychischer Processe*. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin, 1868, p. 657.

Kries u. Auerbach, *Die Zeitdauer einfachster psychischer Vorgänge*. Archiv für Physiologie, 1877, p. 297.

Wundt, *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, II Bd. p. 247. Leipzig, 1880.

Friedrich, *Ueber die Apperceptionsdauer bei einfachen und zu-*

Digitized by Google

Le esperienze del Donders erano disposte nel modo seguente.

Egli eccitava con la corrente elettrica ora l'uno ed ora l'altro dei piedi di un individuo. In una prima serie d'esperimenti valutavasi il semplice periodo fisiologico; in una seconda serie l'individuo, ignorando se l'eccitazione dovesse avvenire a destra od a sinistra, dava il segnale con la mano corrispondente al lato eccitato. Confrontando queste due serie nei loro valori numerici, è facile vedere che l'ultima ha una durata più lunga, e la differenza fra di esse equivale, come dice il Donders, al tempo richiesto dalla persona per rappresentarsi innanzi al pensiero quale dei due piedi fu eccitato e per compiere un atto volitivo che sia in rapporto con la rappresentazione mentale. L'esperienza dimostra che il nuovo atto psichico della « soluzione del dilemma e dell'attività volitiva corrispondente a questa soluzione » dura in media $^1/_{15}$ di minuto secondo, ossia 0.067.

Analoghe ricerche furono fatte dal Donders sull'organo visivo. Si determina prima il tempo fisiologico di una semplice impressione luminosa, e poi la reazione differenziale dello stimolo colorato in rosso e in bianco. Al rosso si reagisce con la mano destra, al bianco con la sinistra. Il tempo del discernimento e della determinazione volontaria in questi casi è molto più lungo di quello notato nelle esperienze sopra l'organo del tatto, poichè in media per cinque persone raggiunge la cifra

sammengesetzten Vorstellungen. Wundt's Phisolophische Studien, Bd. I, 1881, p. 39.

In questo lavoro sono diffusamente esposte le ricerche compiute nel laboratorio del Wundt.

Digitized by Google

di 0.154, e singolarmente per gli individui è indicato da questo prospetto:

	Reazione semplice	Reazione differenziale	Durata del discernimento e della scelta
I.	0.193	0.377	0.184
II.	0.195	0.317	0.122
III.	0.226	0.385	0.159
IV.	0.208	0.342	0.134
V.	0.184	0.356	0.172

Altre volte lo stimolo visivo era dato dalla comparsa di due lettere stampate (vocali), e la persona doveva reagire pronunziando il suono della vocale, che ora conoscevasi preventivamente, e ciò bastava a determinare l'equazione personale, ed ora ignoravasi. Il ritardo ottenuto in quest'ultima condizione fu in media 0.166. In ulteriori ricerche i segni scritti erano cinque, ed il tempo psichico raggiunse la cifra di 0.170.

Infine il Donders instituì delle esperienze con eccitamento dell'udito. Lo stimolo acustico consisteva nel suono di vocali, che dovevano essere ripetute dinanzi ad un fonautografo. Procedevasi nell'esperimento, col solito metodo, in duplice modo: 1° si conosce il suono vocale che deve ascoltarsi, e la reazione avverrà ripetendo lo stesso suono nel più breve tempo possibile; 2° s'ignora quale suono dev'essere pronunziato, e si darà il segno di reazione con la medesima vocale. Per due suoni la durata del nuovo atto psichico oltrepassò di 0.056 il periodo fisiologico normale, e per cinque suoni l'aumento fu di 0.088.

Ora in tutte queste esperienze del Donders, di cui è fallace il metodo di prendere le medie dai risultati sopra diverse persone, le condizioni determinanti non sono le

Digitized by Google

medesime, e ciò spiega principalmente la variabilità dei valori numerici.

Tra lo stimolo fatto sul piede ed il movimento registrante della mano dello stesso lato si stabilisce un' intima connessione dovuta ai legami anatomici e più che altro all'abitudine fisiologica. Allo stesso modo, pei rapporti associativi formatisi tra gli eccitamenti sonori e gli apparecchi fonetici, è resa facilissima la reazione vocale allo stimolo acustico rappresentato dalla vocale medesima. Invece tra la sensazione della luce rossa ed il segnale della mano destra non esistono simili rapporti organici, ed il modo di reagire è puramente artificiale: onde la durata del discernimento e dell'atto volitivo si fa molto più lunga, mancando nella reazione i caratteri della sicurezza meccanica che sono evidentissimi nelle esperienze discriminative con gli stimoli tattili ed acustici. Per la medesima causa il processo psichico dura di meno nelle ricerche col suono vocale paragonate a quelle col segno scritto della vocale. Qui poi non solamente v'è maggiore connessione tra suono e parola che tra segno visivo e movimento fonetico, ma, quel che è più, il suono della vocale costituisce per sua natura uno stimolo più semplice della vocale scritta: ossia la forma del segno vocale non è percepita così rapidamente come il suono. Infatti, per convincersene, basta ripensare alla tessitura delle sensazioni acustiche e visive, in ispecie quando con la vista si costruisce la forma rappresentativa di un oggetto. Sulla retina l'impressione luminosa è molto complessa, gli elementi retinici eccitati variano secondo la grandezza del segno che deve riconoscersi ed un piccolo spostamento dell'asse visivo fa cadere l'imagine del segno scritto sopra altri punti. Pei suoni vo-

Digitized by Google

cali, invece, il substrato della percezione è meno complicato, e, secondo alcune ricerche del Donders, nella pronunzia delle vocali, qualunque sia l'altezza della voce, vengono prodotti in parte i medesimi toni e quindi ciascuna volta sono eccitate le stesse fibre nervose.

Il Donders si domanda se è possibile scomporre il nuovo processo mentale nei suoi due fattori, cioè nel discernimento e nella determinazione volontaria. Ciò è possibile adoperando tre metodi di ricerche *A*, *B*, *C*, che seguiti alternativamente darebbero, secondo lui, i valori speciali che si cercano.

Il metodo *A* è quello comune che si adopera per la determinazione del periodo fisiologico.

Col metodo *B* le esperienze sono eseguite nel modo che abbiamo di sopra riferito, e le cifre segnate dagli apparecchi cronometrici rappresentano il tempo del discernimento e della scelta.

Col metodo *C* finalmente la reazione della mano o del suono vocale segue ad una sola impressione già designata, mentre agli altri stimoli si trascura di rispondere.

Le differenze fra questi metodi fornirebbero i valori cercati: così la differenza *C-A* esprime la durata del solo discernimento, e la differenza *B-C* il tempo della scelta o volitivo.

Da tre serie di esperienze con le impressioni di suono, il Donders ha potuto ottenere questi risultati, che riassumiamo brevemente:

Metodi		Media di reazione	Minima
A	Reazione a suono conosciuto, ripetendo lo stesso suono: per es. a *Ki* rispondere con *Ki*.	0.201	0.170

Digitized by Google

Metodi		Media di reazione	Minima
B	Reazione a suono ignoto rispondendo con lo stesso suono: cioè a *Ko* rispondere con *Ko*, a *Ke* con *Ke*, ec. ec.	0.284	0.237
C	Ai diversi suoni *Ku*, *Ka*, *Ki*, *Ko*, ec. rispondere solamente con *Ki* quando si sente pronunziare *Ki*.	0.237	0.212

Si ricava pertanto:

	Dalle medie	Dalle minime	Media	
B-A	0.053	0.067	0.075	(Discernimento e scelta)
C-A	0 036	0.042	0.039	(Discernimento)
B-C	0.047	0.025	0.036	(Scelta)

Pel Donders, adunque, il quale fa assegnamento sui valori medi ottenuti dalle medie e dalle minime delle serie, la durata del giudizio, o, com'egli dice, della rappresentazione, equivale a 39 millesimi, cioè quasi a $^1/_{26}$ di secondo; mentre la determinazione volitiva (*B-C*) raggiungerebbe una cifra più piccola, 36 millesimi, ossia $^1/_{28}$ di secondo.

Il Wundt però dimostra che il significato psicologico attribuito dal Donders a queste esperienze non è esatto. Col metodo *C* non si ottiene il solo tempo del discernimento, ma anche quello della determinazione volontaria; poichè, se fra due stimoli visivi (luce bianca e rossa) devo soltanto reagire con la mano ad uno di essi, il processo mentale che compiesi nel mio cervello implica un atto di scelta, nello stesso modo come se dovessi alla comparsa di un colore rispondere con la mano destra e alla com-

Digitized by Google

parsa dell'altro con la sinistra. La differenza sarebbe riposta in ciò: che nel primo caso l'atto di scelta è di natura più semplice, mentre nel secondo è più complesso e richiede maggiore intervallo. In poche parole, l'uno è un atto di scelta fra movimento e riposo, e l'altro è un atto di scelta fra due movimenti. Quindi la misura del discernimento non deve ottenersi per questa via.

Altri osservatori, come il Kries e l'Auerbach, per calcolare la durata del discernimento hanno seguito il metodo *C* del Donders, dando alle loro esperienze la seguente disposizione seriale:

1.ª *Serie.* — Un medesimo stimolo *a*, già noto, agisce sulla persona di esperimento ad intervalli egualmente vicini. La persona risponde con reazione sempre eguale.

2.ª *Serie.* — Il medesimo stimolo *a* è applicato alternativamente con un altro stimolo *b*. Si reagisce soltanto ad *a*.

3.ª *Serie.* — Ripetesi la prima serie di ricerche, affinchè siano eliminate le influenze perturbatrici, che derivano dal procedere non sempre costante del meccanismo psicofisico.

Si prende la media dei risultati delle serie 1ª e 3ª e si sottrae dai valori medi della serie 2ª: la differenza indica il tempo necessario per distinguere *a* da *b*.

Questo intervallo però, come notammo, non rappresenta la sola durata del discernimento, sibbene il tempo dell'atto discriminativo e della scelta fra movimento e riposo; e se i valori cronometrici ottenuti da Kries e Auerbach sono molto piccoli, egli è perchè ad ogni eccitazione precede a intervalli quasi costanti un segnale d'avvertimento.

Le esperienze di Kries e Auerbach si estendono al tatto, all'udito ed alla vista.

Digitized by Google

Nel senso tattile essi misurano la durata della localizzazione e quella per discernere l'intensità dello stimolo elettrico.

Applicando la corrente faradica al lato dorsale della terza falange del medio e al dorso della mano sinistra, il tempo necessario per distinguere il punto eccitato era per Kries 0.036 e per Auerbach 0.021. Non risulta dalle esperienze nessuna dipendenza dell'intervallo psichico dal luogo di eccitamento. A ravvisare poi l'intensità dello stimolo nel lato dorsale dell'ultima falange del medio sinistro si ottennero cifre più alte, specialmente nelle esperienze ad eccitamento minimo: per cui si deduce la conseguenza che il giudizio dell'intensità di uno stimolo tattile avviene in modo incerto e richiede maggior durata della localizzazione del medesimo. Gli eccitamenti elettrici erano tali che il più debole era appena percepito ed il più forte svegliava una lieve sensazione dolorosa. La durata del discernimento degli stimoli forti è per *A* 0.022 e per *K* 0.061; degli stimoli minimi per *A* 0.053 e per *K* 0.105.

Il discernimento fra un tono prodotto dalle oscillazioni di una lamina di acciaio ed un rumore provocato dallo scoppio di una scintilla elettrica segna per *K* 0.046 e per *A* 0.023. Il giudizio di un tono alto dura meno del giudizio di un tono basso (*K* tono alto 0.049; tono basso 0.054. — *A* tono alto 0.019; tono basso 0.034), e la localizzazione del suono equivale per *K* a 0.032, e per *A* a 0.015.

Nelle esperienze ottiche finalmente dovevasi determinare il tempo bastevole a riconoscere nel campo visivo il luogo dove si presentava il fenomeno luminoso (*K* 0.017 — *A* 0.011); la durata del discernimento fra due colori, il bleu e il rosso, (*K* 0.034 — *A* 0.012), e del giudizio sulla distanza

Digitized by Google

in cui compariva il segnale di luce. *K* 0.030 — *A* 0.022 (1).

A considerare intanto con attenzione tutto questo complesso di ricerche discriminative, si rinvengono delle differenze cronometriche, che debbono essere attribuite alla qualità, all'intensità ed al luogo in cui si dispiegano gli stimoli esterni. Così il discernimento dei colori ha un decorso più rapido del discernimento fra tono e rumore o fra toni di varia altezza. Il fenomeno è spiegabile, secondo il Kries e l'Auerbach, se si pensi in primo luogo al modo speciale del processo fisiologico eccitativo: per esso una sensazione cromatica raggiunge i caratteri qualitativi più prestamente e più chiaramente di una sensazione di tono. D'altra parte, riflettendo all'importanza dell'ufficio cui sono destinate nella nostra vita psichica le percezioni visive, può darsi che abbiamo acquistato e possediamo nel discernimento degli stimoli ottici un esercizio di gran lunga più perfetto in confronto di quello delle altre impressioni sensorie. E perciò il Kries e l'Auerbach avrebbero scoperto che nelle esperienze discriminative acustiche e tattili è massima l'influenza dell'esercizio, il quale abbrevia di giorno in giorno i valori numerici, ed è minima o quasi nulla nelle esperienze ottiche. Piuttosto noi crediamo che sia una causa indiscutibile della piccolezza numerica nelle ricerche visive il modo speciale di comparsa dello stimolo luminoso. Do-

(1) Le esperienze sul discernimento dei colori e sulla direzione ottica (optische Richtungslocalisation) sono fatte con un sol occhio; quelle sul giudizio della distanza (Entfernungslocalisation) con tutti e due gli occhi.

I colori bleu e rosso si ottengono con la scintilla d'induzione dell'apparecchio di Rumkorff: tra la scintilla e l'occhio si frappone un vetro colorato.

Digitized by Google

vendo reagirsi ad una semplice impressione ottica e non essendo necessario riconoscere l'oggetto, la scintilla elettrica, adoperata da Kries e Auerbach, per la sua intensità e semplicità è bene adatta. Ma nel distinguere un colore è indispensabile che lo stimolo agisca così lungamente fino a che si compia la rappresentazione visiva, poichè nel caso contrario non può evitarsi il pericolo di ricostruire la rappresentazione con imagine mnemonica, la quale tende ad abbreviare la durata del periodo fisiologico. L'occhio ha bisogno di un certo tempo di adattamento per la completa formazione dello stimolo luminoso: e questa mancanza di adattamento, come pure l'abitudine di avvertire prima con un segnale l'istante in cui si produrrà il fenomeno ottico costituiscono, secondo le giuste osservazioni del Wundt e del Friedrich, la causa precipua della brevità calcolata da Kries e Auerbach negli intervalli discriminativi.

Per rispetto alla intensità degli stimoli passa una grande analogia fra i tempi della semplice reazione e quelli del discernimento. La legge generale della dipendenza del periodo fisiologico della quantità della forza eccitatrice si applica pure al processo psichico del giudizio. Così gli stimoli tattili intensi sono ravvisati e distinti più celermente degli stimoli deboli; e lo stesso dicasi dei toni alti confrontati ai toni bassi. In quest'ultimo caso deve tenersi in conto un altro fattore. Se per riconoscere le altezze tonali è necessaria una determinata quantità di oscillazioni, per naturale conseguenza le altezze dei toni bassi, con la durata più lunga delle loro oscillazioni, dovrebbero essere differenziate meno rapidamente di quelle in cui è maggiore la quantità dei movimenti vibratori.

Digitized by Google

Il processo di localizzazione, infine, nei vari organi di senso è significato dalle ricerche di Kries e Auerbach con valori numerici assai piccoli. Il riconoscimento del luogo, nel quale si produce il fenomeno luminoso, segna la minor durata, e ad essa si avvicina quella della localizzazione uditiva, la quale decresce cronologicamente a misura che diventa maggiore il così detto angolo di divergenza, cioè l'angolo contenuto da due linee che uniscono le sorgenti sonore alla radice del naso.

Altre esperienze sul discernimento dei colori aveva già compiuto l'Obersteiner col solito metodo *C*; e certamente i risultati riescirebbero più pregevoli se fossero numerosi e ripetuti parecchie serie di volte. Mi basti il dire che sopra la media generale di reazione al semplice stimolo cromatico, i tempi del discernimento pei due colori (il bleu e il rosso) presentano un aumento molto forte espresso dalle cifre numeriche così disposte: (1).

+ 0. 120
+ 0. 145
+ 0. 199
+ 0. 633
+ 0 215
+ 0. 193
+ 0. 191

Se in luogo di due colori se ne usino quattro (il rosso, il giallo, il bleu e il verde), e si reagisca a due soltanto, le cifre ottenute, nel complicarsi del processo discriminativo e volitivo, raggiungono un'altezza, il cui minimum supera di 0.3 ed il maximum di 0.8 la durata della percezione cromatica elementare.

(1) Obersteiner, *Ueber eine neue einfache Methode*, ecc. p. 444.

Digitized by Google

L'Ott e il Prendergast non trascurarono, seguendo il metodo di Kries e Auerbach, di misurare la distinzione dei colori; e mentre per l'uno va segnalato un intervallo di $^1/_{20}$ di secondo (0.050), per l'altro si registra una durata di $^1/_{24}$, ossia di 0.042 (1).

Nè ai soli eccitamenti degli organi di senso superiori si è ristretta l'indagine cronometrica. Anche per le percezioni gustative, con larga copia di scrupolosi esperimenti, fu calcolato il tempo psichico discriminativo, che, per naturale condizione dell'apparecchio sensorio, è più grande del giudizio che si osserva per gli altri stimoli qualitativamente diversi. Sulla punta dell'organo del gusto devesi distinguere l'acqua distillata da una sostanza sapida (cloruro sodico, zucchero, acido e chinina) e decidersi a reagire solamente quando con chiarezza si percepisce uno dei quattro sapori.

Cotali esperienze del Vintschgau e dell'Hönigschmied, condotte col metodo *C*, possiamo raccogliere nei gruppi numerici qui sotto indicati: (2).

	Reazione semplice	Reazione col metodo *C*	Differenza
Cloruro sodico	0.1598	0.2766	0.1168
Acido	0.1676	0.3315	0.1639
Zucchero	0.1639	0.3840	0.2201
Chinina	0.2196	0.4129	0.1933

(1) Ott and Prendergast, *The rapidity of Perception of colored lights*. Journ. of ment. dis. p. 258.

(2) Vintschgau u. Hönigschmied, *Versuche über die Reactionszeit einer Geschmacksempfindung*, Th. III. Pflüger's Archiv, Bd. XIV, p. 541.

Vintschgau, *Physiologie dei Geschmackssinns*. Hermann's Handbuch, III Bd. II Th. p. 206.

Digitized by Google

Altre ricerche vennero eseguite con le medesime sostanze sapide in modo che alternativamente fossero distinte due fra esse con segnali di reazione diversi: cioè ad una sostanza bisognava reagire con la mano destra ed all'altra con la sinistra. In tale evenienza l'intervallo psichico comprende la durata dell'atto discriminativo e la durata della decisione volontaria fra due movimenti, ossia un processo più lungo, in cui l'atto di scelta è meno semplice di quello delle prime esperienze.

Intanto finora tutte le osservazioni raccolte non stanno ad indicarci la misura cronologica del solo giudizio o della sola determinazione volitiva. I metodi seguiti dai vari sperimentatori confondono, come s'è visto, in una sola cifra due fenomeni successivi, e quindi fra loro distinti e divisibili: solo il Wundt, ponendo in chiaro il problema psicofisico di cui ci occupiamo e rilevando le inesattezze del Donders e di Kries e Auerbach, ha insegnato la vera via da percorrere.

Il Wundt adopera stimoli luminosi e dispone che il discernimento avvenga fra due o fra molteplici impressioni: nel primo caso l'atto psichico è semplice, nel secondo è composto. L'individuo deve dare il segnale di reazione sempre con lo stesso movimento della mano sol quando ha distinto ciascun colore, che occupa una superficie circolare di 42 millimetri di diametro.

La media della durata del semplice discernimento tra il bianco e il nero in tre persone è

I.	II.	III.
0 050	0.017	0.079.

Digitized by Google

Questo intervallo aumenta se il giudizio deve esercitarsi sopra varie impressioni luminose, il bianco, il nero, il verde e il rosso, che si alternano irregolarmente. Basta guardare alle cifre qui sotto raccolte:

I.	II.	III.
0 157	0.073	0.132.

Dello stesso modo il Wundt misura il tempo di un atto di scelta semplice e quello di un atto di scelta più complicato. Il primo si ottiene quando, dati due stimoli, il movimento con la mano destra segue soltanto ad uno di essi; il secondo quando a ciascuna delle due impressioni si risponde con diversa reazione volitiva, cioè alla luce bianca con la mano destra ed al colore nero con la sinistra.

Nell'atto di scelta semplice trattasi di decidere se la reazione debba o pur no avvenire; nell'atto di scelta complesso deve essere anche determinato il modo del movimento. Nei tre individui sopra ricordati il Wundt trovò che il tempo di scelta fra movimento e riposo si compiva in

0.183	0.184	0.152,

ed il tempo di scelta fra due movimenti in

0.331	0.284	0.188.

Sottraendo le cifre precedenti da queste ultime ricaviamo

0.148	0.100	0.036,

Digitized by Google

che equivalgono ai valori differenziali del tempo di una scelta semplice fra movimento e riposo e del tempo di scelta fra due movimenti diversi.

Col nuovo indirizzo sperimentale ho fatto parecchie serie di ricerche sull'organo del tatto e della vista misurando specialmente il tempo del discernimento di luogo o localizzazione tattile, quello del discernimento dei colori, e la durata della scelta. Tra una serie e l'altra di esperienze intercalava delle reazioni semplici. Non trascurai anche di calcolare il solo tempo discriminativo delle impressioni acustiche.

Riguardo alla localizzazione tattile mi son proposto di studiare non solo la durata dell'atto discriminativo per sè stesso, ma il rapporto che passa tra il senso locale ed il tempo del discernimento.

Già con molteplici esperimenti sulla celerità delle percezioni tattili dimostrai che i vari segmenti dell' organo sensorio non dànno il medesimo coefficiente cronologico noi avvertiamo più prontamente gli stimoli fatti sopra quelle zone cutanee, nelle quali per abitudine fisiologica il senso di luogo raggiunge la massima squisitezza. Se la semplice percezione presenta questo carattere speciale, sorge spontaneo il desiderio di ricercare se l'atto del discernimento fra due impressioni esercitate in due punti dell' organo diversi nella potenza del senso locale debba durare di meno nel caso, in cui l'eccitamento esterno colpisce quella zona, che l' esperienza dimostra più ricca di senso di luogo. Il giudizio, che è una percezione discriminativa, dovrebbe, analogamente alla semplice percezione, segnare un decorso cronologico minore stimolando ad

Digitized by Google

esempio l'apice del dito anzi che il dorso della mano. Il Kries e l'Auerbach intanto non credono di scoprire alcuna differenza nel periodo fisiologico semplice ottenuto con l'eccitamento di due punti della pelle e nel periodo fisiologico con discernimento (metodo *C* del Donders) fra i due punti medesimi, che non presentano lo stesso indice di senso locale; ma dalle mie esperienze risulterebbe il contrario.

Per misurare il tempo del discernimento tattile di luogo ho scelto l'apice del dito medio della mano sinistra ed il terzo inferiore dell'avambraccio nella sua parte anteriore. Io tocco la pelle con lo strumento eccitatore in forma di pennello e tralascio del tutto di sperimentare con la corrente faradica, sia perchè essa, come ho avvertito altra volta, non è lo stimolo adeguato del senso tattile, sia perchè riesce molto difficile rendere subiettivamente eguale in intensità la corrente applicata in punti diversi della cute. Secondo il giudizio di Kries e Auerbach, quest'ultima ragione non è d'importanza capitale, essendo inverosimile che la localizzazione si renda più facile pel fatto che uno degli stimoli si distingua dall'altro non solamente per il luogo, ma per il suo carattere. Il luogo (ed è ciò verissimo in senso assoluto) vien percepito con maggiore sicurezza e celerità che le differenze di forza eccitatrice anche grandi: onde, ad avviso degli sperimentatori testè ricordati, non può ammettersi che una piccola diversità nel grado della corrente agevoli la localizzazione, la quale è compiuta prima che possa essere avvenuto il giudizio sulla intensità. Ad ogni modo mi preme di soggiungere che, messo da parte il problema non ancora ben definito se e fino a qual grado l'intensità stimolatrice influisca

Digitized by Google

sulla localizzazione, resta sempre valevolissima la prima causa; e siccome nelle esperienze del semplice periodo fisiologico avevo adoperato il contatto del pennello, così anche in queste sul discernimento conveniva seguire lo stesso metodo.

La persona sottoposta alle mie ricerche reagisce con la mano destra quando ha percepito distintamente il luogo in cui sente l'impressione di contatto. Nei processi centrali del cervello trascorre allora un intervallo psichico, che esprime la durata del giudizio: la qual cosa, non succede nelle reazioni elementari, dove l'individuo dà il segnale registrante senza che sia necessario distinguere il punto stimolato, o il colore del fenomeno luminoso, o l'altezza del suono, supposto che le indagini si rivolgano al dominio del senso tattile, visivo ed acustico.

Sul discernimento di luogo delle impressioni cutanee ho fatto moltissime esperienze, riunite in serie, ciascuna delle quali è composta di trenta o trentacinque saggi per ogni singolo punto della pelle. Ogni serie dà la sua media, che possiamo chiamare « parziale; » e siccome le varie medie parziali presentano presso a poco i medesimi rapporti, così possiamo comporre una media generale, che ci indichi il tempo del discernimento relativo alle due zone della superficie cutanea. Avverto infine che l'individuo soggetto alle prove aveva già acquistato un grande esercizio nelle ricerche psicometriche.

Ecco le esperienze:

TEMPO DI REAZIONE CON DISCERNIMENTO.

		Media di 30 esperienze
1ª SERIE	Punta del dito	0.182
	Terzo inferiore dell'avambraccio	0.196

Digitized by Google

		Media di 35 esperienze
2ª SERIE	Punta del dito	0.176
	Terzo inferiore dell'avambraccio	0.189
		Media di 35 esperienze
3ª SERIE	Punta del dito	0.178
	Terzo inferiore dell'avambraccio	0.194
		Media di 30 esperienze
4ª SERIE	Punta del dito	0.175
	Terzo inferiore dell'avambraccio	0.185

Se da queste cifre, che non sono molto discordi, volessimo dedurre la media generale del discernimento, otterremmo:

MEDIA GENERALE DEL TEMPO DI REAZIONE CON DISCERNIMENTO.

Punta del dito	0.177
Terzo inferiore dell'avambraccio	0.191

Siccome il valore della semplice reazione allo stimolo di contatto nell'apice del dito è di 0.146, e nel terzo inferiore dell'avambraccio è di 0.149, così può calcolarsi facilmente la durata dell'atto psichico del giudizio di luogo:

TEMPO DELLA LOCALIZZAZIONE TATTILE.

Punta del dito	0.031
Terzo inferiore dell'avambraccio	0.042

Ciò vuol dire che a distinguere se il contatto del pennello eccitatore avvenga sull'avambraccio, che è una re-

Digitized by Google

gione meno educata al senso di luogo, richiedesi nella persona di esperimento un intervallo di 11 millesimi di più di quello che è necessario per giudicare se lo stimolo agisca sulla punta del dito, dove il senso locale raggiunge quasi la massima precisione. Il processo adunque della localizzazione non si compie in egual tempo, ma vi è una differenza di durata nel distinguere l'eccitamento di due zone che abbiano diversa potenza di senso tattile; e questo fatto credo che meriti per la sua importanza di essere segnalato.

Continuando le esperienze sulla localizzazione, ho potuto determinare il tempo della scelta più semplice, ossia fra movimento e riposo.

In una prima serie di ricerche l'individuo doveva soltanto reagire con la mano destra quando io toccavo col pennello l'apice del dito, e doveva omettere il segnale di reazione all'eccitamento dell'antibraccio. In un'altra serie invece succedeva l'opposto.

Com'è naturale, in queste esperienze al periodo fisiologico con discernimento si aggiunge un ulteriore intervallo mentale, che è la determinazione volitiva del movimento della mano.

I risultati furono i seguenti:

TEMPO DI REAZIONE CON DISCERNIMENTO E SCELTA FRA MOVIMENTO E RIPOSO.

Punta del dito	0.201
Avambraccio	0.223

Poichè il tempo di reazione con discernimento è di 0.177

Digitized by Google

per la punta del dito, e di 0.191 per l'antibraccio, possiamo dedurre facilmente il tempo proprio della scelta:

	Tempo di reazione con discernimento	Tempo di reazione con discernimento e scelta	Tempo di scelta
Punta del dito	0.177	0.201	0.024
Terzo inf. dell'av.	0.191	0.223	0.032

Se a percepire la localizzazione dello stimolo prodotto sull'apice del dito fu impiegato minor tempo, così, per il medesimo punto cutaneo, rispetto allo sviluppo dell'impulso volitivo nella determinazione del movimento registrante, v'è una differenza in meno di 8 millesimi di secondo. Ciò dimostra chiaramente che ad una rappresentazione mentale topografica, che sia più viva, più sicura e più pronta di un'altra, si associa una energia volitiva che possiede caratteri analoghi. Non solo si percepisce meglio e si distingue più facilmente una impressione fatta sopra una zona cutanea assai educata al senso tattile; ma, posti in condizione di associare al giudizio un atto di scelta, si vede che il decorso cronologico dell'impulso volitivo acquista anch'esso maggior velocità. Se è più difficile la percezione discriminativa, diventa anche più difficile l'atto di scelta.

Paragonando poi i tempi del discernimento e della scelta osserviamo che questi ultimi sono alquanto più piccoli. Infatti:

	Tempi di discernimento	**Tempi di scelta**
Punta del dito	0.031	0.024
Terzo inferiore dell'avambraccio	0.042	0.032

La ragione del fenomeno si cercherà di trovarla dopo

Digitized by Google

che avremo detto qualche parola sul discernimento degli stimoli luminosi.

Ma prima di passar oltre devo aggiungere i risultati di altre mie esperienze sul tempo di localizzazione tattile.

Ho voluto vedere se, scegliendo due zone simmetriche delle due metà del corpo, esiste qualche differenza nel decorso cronologico del discernimento dello spazio tattile nell'una e nell'altra zona. Suppongasi di sperimentare col tocco del pennello sopra la parte media del dorso delle due mani: noi dovremo osservare come si comporti nella sua durata quel complesso di fatti psicofisiologici, il quale comincia con l'eccitazione delle estremità nervose dell'organo tattile e, dopo aver provocato la percezione di luogo, finisce con un dato segnale di reazione.

Posta come vera la legge da me trovata, per la quale i tempi del discernimento durano di meno quando si stimola quella regione cutanea, cui l'esperienza assegna maggiore finezza di senso locale, avverrà che in due punti, dove l'indice del senso di spazio non dimostra differenze apprezzabili, gli intervalli psichici del discernimento non dovranno differire nella successione cronologica.

Con esperienze comparative sulla parte mediana della superficie dorsale delle mani in due persone, che reagivano sempre con lo stesso segnale dopo di aver percepito ben chiaramente quale delle mani fosse stata eccitata, calcolai in millesimi di secondo le cifre di reazione:

TEMPI DI REAZIONE CON DISCERNIMENTO.

	Mano destra	Mano sinistra
S	0 213	0 209
R	0 234	0 236

Digitized by Google

La differenza, come si vede, fra l'una e l'altra mano è nel primo caso di 4 millesimi, e nell'altro di 2 millesimi di secondo. Se si volesse poi determinare il solo tempo del discernimento tattile, basterebbe togliere dalle cifre precedenti la durata della semplice reazione, i cui valori numerici tanto a destra che a sinistra confrontano quasi esattamente in ciascuna delle due persone sottoposte alle esperienze. Anche il Kries e l'Auerbach, sebbene abbiano ricavato con metodo diverso dal mio e con altri mezzi il tempo della localizzazione cutanea, trovarono che in due regioni simmetriche della metà destra e sinistra del corpo il discernimento si avvera con celerità identica. Così eccitando il dorso delle due mani dedussero dei valori che si equivalgono perfettamente:

	Mano destra	Mano sinistra
1°	0.035	0.036
2°	0.021	0.021.

Il concorde risultato di tutte queste esperienze è una prova definitiva che esiste eguaglianza di tempo nella durata del discernimento di luogo in due punti omonimi dello spazio tattile.

Veniamo ora alle impressioni luminose.

Con questa serie di ricerche volli determinare la durata del giudizio fra due colori: il bleu e il verde. Dinanzi a un tubo di Geissler, posto nell'interno della cassetta oscura che mi servì nelle esperienze sul tempo fisiologico, collocava in modo alterno ed irregolare due piccole lamine di vetro bleu e verde. Le lamine erano mantenute in telai di legno, a base larga, che potevansi introdurre

Digitized by Google

e togliere dalla cassetta con molta facilità. Prima dell'esperimento era impossibile distinguere il colore dei vetri. Tostochè con la corrente faradica s'illumina il tubo di Geissler, rendonsi appariscenti i colori, e l'individuo risponde col solito segnale dopo che li ha percepiti distintamente.

La durata media della semplice reazione ai colori è 0.176, come si rileva dalle esperienze che precessero e susseguirono a quelle di discernimento.

Le medie delle reazioni con discernimento furono

pel *Bleu*	0.224
pel *Verde*	0 232

Il tempo medio quindi della reazione con discernimento fra i due colori è 0.228, dal quale sottraendo la cifra del periodo fisiologico otterremo la durata del solo atto discriminativo:

Reazione con discernimento	**Reazione semplice**	**Discernimento dei colori**
0.228	0.176	0.052

Per determinare l'atto di scelta invitai la persona a dare il segnale con la mano solo quando avesse distinto il colore verde e ad omettere il movimento se gli si fosse mostrato l'altro colore. Allora il tempo di reazione con discernimento e scelta fra segnale e riposo ascese a 0.294; sicchè raccogliendo questi dati troviamo:

Tempo di reazione con discernimento	**Tempo di reazione con discernimento e scelta**	**Tempo di scelta fra movimento e riposo**
0.228	0.294	0.066

Digitized by Google

L'atto di scelta più complesso, cioè quello derivante dal doppio modo di reazione con la mano destra o con la mano sinistra, secondo la comparsa del colore, è notevolmente lungo ed offre poi grandi oscillazioni. Basti guardare l'ultimo numero del prospetto:

Tempo di reazione con discernimento	Tempo di reazione con discernimento e scelta	Tempo di scelta fra due movimenti
0.228	0.403	0.175

La differenza, adunque, tra il tempo di scelta semplice e il tempo di scelta complicato sarebbe significata da 0.109.

Pel discernimento delle impressioni acustiche sperimentai col suono di un campanello e col rumore che desta un martelletto quando cade sopra una superficie metallica, di cui si spengono con un corpo qualsiasi le vibrazioni. L'intervallo misurato non è gran fatto dissimile da quello del discernimento di due colori.

Facendo ora un breve esame comparativo sopra i risultati sperimentali che ho ottenuto, si vede a prima giunta che l'atto psichico della localizzazione è più breve di quello richiesto pel discernimento dei colori ed anche degli stimoli sonori, quantunque il segnale di reazione sia il medesimo. Fino a che si tratta di semplice tempo fisiologico, le differenze della durata sono spiegabili per la diversa intensità e natura delle cause stimolatrici esterne e per la diversa costituzione degli apparecchi di senso. L'intensità e la forma dell'eccitamento luminoso da una parte, e l'intensità e la forma dell'eccitamento cutaneo dall'altra, come pure la struttura speciale dell'organo vi-

Digitized by Google

sivo e dell'organo tattile, ci dànno ragione del perchè il decorso cronologico dell'atto psichico elementare non sia identico. Ma nel caso attuale, cioè nella durata del discernimento, che noi calcoliamo deducendolo dai tempi normali di reazione, si deve scoprire un'altra causa che ci spieghi la diversità della durata. E la causa, si comprende, è tutta psicologica.

Nel discernere un punto della pelle, massime se è fornito di grande sensibilità, od un colore, la nostra mente non presenta, mi si permetta la frase, lo stesso coefficiente di energia. Considerando solamente i due organi della vista e del tatto, è certo che ci riesce molto più facile rivolgere l'attenzione sopra una data zona della superficie cutanea o del campo visivo, mentre è più difficile concentrarla sopra un eccitamento tattile di determinata intensità o sopra un fenomeno luminoso di determinato colore. Nelle esperienze sul discernimento di luogo si osserva che è chiarissima la rappresentazione mentale del punto che deve essere toccato, di modo che tutta la forza dell'attenzione è indirizzata in quel punto. Ciò non avviene se dobbiamo giudicare della qualità di un fenomeno luminoso od anche della intensità di un eccitamento tattile. La rappresentazione, in genere, del luogo in cui operano gli stimoli esterni, è divenuta per abitudine, direi quasi, più organica che la rappresentazione della qualità.

La medesima causa serve a spiegarci poi le differenze di durata nell'atto di scelta.

Non è identico il processo mentale nel collegare un segnale di moto con l'eccitamento di un dato luogo della pelle, e nello stabilire un'associazione fra quel segnale ed uno stimolo luminoso contradistinto per caratteri qualita-

Digitized by Google

tivi. Nel primo caso, rivolgendo tutta la nostra attenzione sul luogo, noi ci mettiamo in grado di sopprimere la percezione di qualsiasi altro stimolo: onde il collegamento fra l'atto discriminativo e il modo di reagire diventa più sicuro che nel secondo caso. Aggiungerò anzi che vi sarebbe un'altra ragione per cui l'atto di scelta è meno lungo nelle esperienze con eccitamento tattile. Se noi pensiamo che, fra tutte le percezioni, quelle cutanee hanno rapporti associativi assai intimi con le rappresentazioni di movimento, avremo un dato plausibilissimo per comprendere il fenomeno. E coteste abitudini mentali valgono anche a spiegare l'altro fatto segnato nelle nostre esperienze, cioè che l'atto di scelta nella reazione ai colori, messo in confronto con quello di localizzazione, ha una durata maggiore del discernimento.

Malgrado sì grande copia di fatti, l'ultima parola non è stata ancora profferita; e credo molto opportuno, alla fine di questo capitolo, ricordare le esperienze recentissime del Tischer, le quali hanno per iscopo principale di sottoporre a nuove disamine e raffronti i due atti psichici del discernimento e della scelta (1).

Riferendosi alle ricerche già compiute nel laboratorio psicofisiologico del Wundt sul tempo necessario a distinguere i colori, il Tischer studia dapprima la misura dell'intensità dei suoni, quindi fornisce la prova della legge psicofisica del Weber secondo il metodo delle variazioni minime della sensazione sonora, e finalmente si occupa del problema cronometrico del discernimento e

(1) Tischer, *Ueber die Unterscheidung von Schallstärken*. Philosophische Studien, I. Bd. 4. H. 1883, p. 495.

Digitized by Google

della scelta volontaria. I suoni, che devono essere distinti, nel numero di cinque, variano per la loro intensità: v'è una scala ascendente di impressioni, delle quali la più debole è prodotta da un peso di 20 grammi che cade da un'altezza di 10 centimetri, e la più forte da un peso di 125 gr. che si lancia da una altezza di 0.^{m}60. Fra questi due estremi sono comprese le altre gradazioni dell'intensità sonora.

Quando il discernimento deve succedere fra due stimoli, si scelgono sempre quelli che sono più vicini in ordine d'intensità; e similmente, in proporzioni analoghe, si procede allora quando devonsi distinguere tre eccitamenti. E se il soggetto di esperienza, prima che si cominci una serie di ricerche, non ha memoria chiara delle imagini sonore, le impressioni esterne correlative a queste imagini vengono a lui fatte sentire secondo la serie.

Gli esperimenti del Tischer possono dividersi in due grandi classi: la prima è meno estesa e numerosa della seconda, che a sua volta è più sistematica della prima, in cui le intensità assolute e relative dei suoni non furono conservate sempre costanti. Nella prima classe le persone di esperimento sono tre, nell'altra nove, che indichiamo con i simboli numerici I, II, III e via dicendo. Le cifre equivalgono a millesimi di secondo.

	N.° dei suoni	Tempo di reazione	Tempo di reazione con discernimento	Discernimento
I.	2	161	318	151
	3	166	373	207
	4	159	469	310

Digitized by Google

	N.° dei suoni	Tempo di reazione	Tempo di reazione con discernimento	Discernimento
II.	2	104	141	37
	3	128	153	25
	4	116	197	81
	5	124	202	78
III.	2	117	134	17
	3	127	151	24
	4	120	159	39
	5	137	190	53

La seconda classe comprende, come dicemmo, le esperienze di nove individui, i quali avevano raggiunto il massimo grado di esercizio. La media generale del tempo di discernimento, ricavata da moltissime osservazioni, ha i seguenti valori:

Discernimento.

N.° dei suoni	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
2	6	8,5	10,75	10,7	33	53	35,3	79,3	131,6
3	10	14,4	19,9	22,7	58,5	57,8	102,9	137	204,6
4	16,7	20,8	29	29,1	75	84	129,5	159,2	196
5	25,6	31	—	40,1	95,5	133	—	149 3	—

È chiaro che i tempi del discernimento crescono con la quantità dei suoni che devono distinguersi.

Viene poi la scelta, che può essere semplice e complessa. Ora si reagisce soltanto al più debole dei due suoni che si aspettano; ora al duplice stimolo sonoro con movimenti simmetrici delle due mani. A ciascuno di questi gruppi di esperienze, che indicheremo col simbolo lette-

Digitized by Google

rale R*ds* (reazione con discernimento e scelta) seguono e precedono delle altre esperienze elementari e con discernimento (R′ ed R″, R′*d* ed R″*d*) disposte secondo l'ordine R′, R*d*, R*ds*, R″*d*, R″. Allora, in modo complessivo, si calcolano i valori generali della reazione semplice, della reazione con discernimento, dell'atto discriminativo e della scelta, cioè di R, RD, D e S, poichè:

$$R = \frac{R' + R''}{2}, RD = \frac{R'd + R''d}{2}, D = RD - R, S = Rds - RD.$$

Indicando con S′ il tempo di scelta fra movimento e riposo e con S″ quello fra due movimenti, nella prima classe di esperienze troveremmo:

	R	RD	R*ds*	D	S′
I.	157	392	459	235	67
II.	112	145	324	37	179
III.	103	138	316	35	173

	R	RD	R*ds*	D	S″
I.	146	329	362	183	33
II.	102	149	238	47	119
III.	110	110	281	30	132

La scelta semplice in tutti e tre gli individui è più alta della scelta complicata. Il fenomeno, quantunqne strano, forse non desterà tanta meraviglia se si pensi che le prime ricerche precessero in ordine di tempo le seconde, nelle quali per conseguenza l'esercizio erasi raffinato. Sono poi notevoli le differenze individuali negli atti di scelta: i tempi volitivi stanno in ragione inversa delle differenze nei tempi di discernimento, cioè quanto più lunga è nella stessa persona la durata discriminativa, altrettanto più breve è quella di scelta, e viceversa.

Digitized by Google

Nell'altra classe di esperimenti, i tempi di scelta semplice (S') e complessa (S'') assumono questo andamento:

S'

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
178,8	170	154	134,5	138	110,3	86,5	71	52

S''

177,5	172,5	179	170	131,8	109	74	77	33

I tempi di discernimento, fra due suoni, che indichiamo con D' e D'', ottenuti nelle esperienze di scelta semplice e complessa sarebbero i seguenti:

D'

20,6	10	34	31	40	90	127,5	137	114

D' (1)

23,2	15,7	27	29,5	54,3	79	103	111	182

Le durate di scelta si differenziano poco fra di esse. In alcuni casi la scelta semplice è minore della complessa, in altri avviene il contrario: sicchè formando una media generale dei valori delle due scelte, e facendo il consimile pei valori dei discernimenti, che sono quasi affini,

(1) Questi tempi di discernimento, ottenuti da esperienze, nelle quali furono inseriti atti di scelta, superano del doppio e perfino del triplo le durate congeneri del discernimento di due suoni in quelle prime esperienze costituite solamente da reazioni semplici e da reazioni discriminative. L'accumularsi di processi psichici nella coscienza vale ad accrescere il tempo del giudizio il più elementare.

Digitized by Google

si ottengono dei numeri disposti nell'ordine qui appresso indicato:

Tempo di scelta.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
173	171	166,5	152	135	109,5	80	74	42,5

Tempo di discernimento.

22	13	30,5	30	52	84,5	117	124	148

In questo quadro le cifre di scelta stanno in ragione inversa delle corrispondenti cifre discriminative. Il fatto, adunque, che le differenze individuali nei tempi della determinazione volontaria decorrono in senso opposto a quelle dei tempi di discernimento, denota una specie di costante psichica, nella quale i due processi della distinzione e della scelta formano unico atto e perciò compensano le diversità così grandi nelle singole persone per rispetto ai due elementi, di cui si compone la costante. Se individualmente non v'è eguaglianza nei tempi di scelta e di giudizio discriminativo delle varie persone, la somma di questi due fattori, che potremmo dire, complementari, dà una quantità quasi eguale, come vedesi dalle cifre

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
200	184	197	182	187	194	197	198	190,5

Lo stesso fenomeno è osservabile confrontando i tempi di discernimento e scelta (R*ls*-R), che appartengono a ciascuna persona.

Digitized by Google

Analoghi risultati offrono pure le recentissime esperienze del Kraepelin sulle percezioni di suoni vocali: (1)

	R	R*d*	R*ds*	D	S	D+S
I.	0.142	0.155	0.244	0.013	0.089	0.102
II.	0.144	0 179	0.265	0.035	0.086	0 121
III.	0.214	0.242	0.318	0.028	0 076	0.104
IV.	0.183	0.235	0.281	0.052	0.046	0.098

Cotesto rapporto inverso dei componenti il doppio processo del discernimento e della scelta nei vari individui si interpreta senza difficoltà. Se il discernimento avviene in brevissimo tempo, la scelta del modo di reagire e l'impulso volitivo, che deve precedere il movimento di reazione, conseguiranno naturalmente dopo qualche intervallo. Ma se il discernimento non è rapido come nel primo caso, avverrà che nello stadio d'incertezza, in cui perdura l'individuo per distinguere gli stimoli esterni, si vanno preparando i processi di scelta e dell'impulso volontario, i quali, compiuta la distinzione, si produrranno con grande rapidità: sicchè in questo caso, a differenza del primo, possiamo supporre una specie di continuità tra la fine del processo discriminativo ed il cominciamento dell'atto di volizione.

(1) Kraepelin, *Ueber die Einwirkung von Aethylalkohol.* Philosophischen Studien Bd. I. II. 4. p. 596.

I simboli letterali R, R*d*, R*ds*, D, S indicano rispettivamente: reazione semplice, reazione con discernimento, reazione con discernimento e scelta, discernimento, scelta.

Digitized by Google

CAPITOLO X

VARIAZIONI DEL TEMPO DEL DISCERNIMENTO E DELLA DETERMINAZIONE VOLITIVA.

Della stessa guisa con cui sî modifica il tempo fisiologico di reazione sotto l'influenza di varie circostanze, intorno alle quali si è discorso in un capitolo precedente, si modifica pure la durata del discernimento e della scelta. La maggiore intensità degli stimoli, ad esempio, vale a rendere più breve il decorso cronologico del giudizio: basta ricordare alcune delle esperienze testè descritte. Così un forte eccitamento elettrocutaneo è percepito e distinto molto prima di uno stimolo, che somministra una corrente di induzione meno intensa: lo stesso dicasi del giudizio differenziale fra un tono alto e un tono basso.

Con particolari indagini sul tempo necessario a discernere nella superficie cutanea il luogo, in cui si dispiega un'eccitazione di semplice contatto, ho voluto occuparmi di cotesto importantissimo argomento, studiando in ispecial modo le variazioni della durata del giudizio in seguito a

Digitized by Google

mutamenti artificiali dell'organo di senso. Il problema però che mi proposi è doppio; poichè da una parte intendo valutare in quantità misurabile i cangiamenti che devono succedere nel tempo del discernimento tattile dopo d'aver modificato con mezzi fisici la sensibilità cutanea, e dall'altra tento ricercare se, alterata la sensibilità di un lato, il confronto delle cifre della percezione discriminativa nei due segmenti tattili simmetrici offre qualche differenza meritevole di nota. La natura del problema è assai complessa e si connette in linea diretta con altre esperienze fisiologiche recentissime, che accennerò brevemente.

Quando sopra una regione circoscritta della superficie cutanea facciamo agire alcuni stimoli speciali, come sarebbero le correnti elettriche, la calamita, i metalli, la carta senapata, ecc., osserviamo tosto un fenomeno singolare: la sensibilità tattile aumenta nella zona in cui si applicano gli stimoli e diminuisce nella zona omonima dell'altra metà del corpo. Il fenomeno è evidentissimo nelle condizioni patologiche dell'organismo, e più specialmente nei casi di anestesia o ipoestesia cutanea unilaterale, che son dovute ad alterazioni di natura molecolare del sistema nervoso e si accompagnano così spesso all'isterismo. Applicando per esempio un disco metallico, una spirale elettrica, i poli di una magnete in qualsiasi spazio circoscritto della metà poco o punto sensibile del corpo di un'isterica, dopo alcuni istanti, variabili nei diversi individui, la sensibilità aumenta o ritorna nel luogo di applicazione e diminuisce nella regione omonima dell'altro lato: avviene, insomma, ciò che si addimanda « trasposizione del senso. » Gli stessi fatti, sebbene con minore chiarezza, possono

Digitized by Google

anche prodursi nelle condizioni fisiologiche dell'organismo, massime adoperando la carta senapata, per come fu avvertito la prima volta dall'Adamkiewicz e dall'Adler, e poi da me e dal Seppilli (1). È stato inoltre provato che il circolo tattile, ossia la minima distanza di un doppio e simultaneo contatto necessaria a generare nell'organo di senso una doppia percezione, si rende più piccolo nello spazio di quell'arto, in cui agisce lo stimolo esterno e si allarga nello spazio corrispondente non eccitato del lato opposto. Cotesta oscillazione della sensibilità è segnata quindi da alcuni numeri, che rappresentano la apertura cui devono essere adattate poco alla volta le punte ottuse del compasso estesiometrico, affinchè siano percepite due distinte impressioni, le quali dànno origine ad un fenomeno percettivo unico se oltrepassano i limiti segnati. Secondo l'Adamkiewicz, che ha emesso in proposito l'ingegnosa teoria delle funzioni bilaterali dell'organismo, questi fatti obiettivi dimostrerebbero: 1.° che v'è una dipendenza funzionale del senso tattile nelle regioni cutanee collocate simmetricamente; 2.° che questa dipendenza presenta caratteri antagonistici; 3.° che l'an-

(1) Adamkiewicz, *Ueber bilaterale Functionen.* « Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft » 12 Dec. 1879. Archiv für Physiologie, 1880.

Adler, *Ein Beitrag zur Lehre von den bilateralen Functionen.* Inaug. Diss. Berlin, 1879.

Buccola e Seppilli, *Sulle modificazioni sperimentali della sensibilità.* Rivista sperimentale di Freniatria, fas. I-II, 1880.

Vedi inoltre:

Adamkiewicz, *Ueber den Einfluss des Senfteigreizes auf Anästhesie und normale Empfindung.* Berliner klinische Wocheschrift, N. 12, 1881.

Digitized by Google

tagonismo è risvegliato per opera di semplici stimoli, i quali, come dicemmo, affinano il senso topografico nella regione dove essi fanno sentire i loro effetti, mentre l'ottundono in quella simmetrica non eccitata.

Io non voglio ripetere i risultati numerici delle esperienze sulla sensibilità di luogo o dello spazio, nè molto meno discutere la teoria fisiologica dell'Adamkiewicz, la quale dalla costruzione simmetrica bilaterale dell'organismo rimonta alla natura anche bilaterale di alcune funzioni. Mi basti il rammentare che l'Adamkiewicz ammette dei centri nervosi, che sono collocati simmetricamente nell'asse cerebro-spinale e presiedono alle funzioni di parti omonime delle due metà del corpo: vi è però una categoria di fenomeni fisiologici, in cui i centri operano sinergicamente, e le modificazioni funzionali che ne dipendono sono le stesse tanto nella metà destra che nella metà sinistra: ad esempio, la secrezione del sudore; vi è un'altra categoria poi in cui questi centri spiegano effetti antagonistici, di modo che agendo quelli di un lato i centri del lato opposto vengono impediti nel loro esercizio funzionale: ad esempio, il senso del tatto e del dolore. Ma per noi val meglio attenerci ai soli fenomeni obiettivi, sopra i quali non cade dubbio alcuno, e lasciare da parte questa ed altre ipotesi, che farebbero dipendere il cangiamento ed il trasferimento della sensibilità tattile dalle oscillazioni dell'onda sanguigna o da particolari movimenti delle molecole della sostanza nervosa.

Ora a me venne in mente di studiare il problema dal punto di vista psicometrico.

Se il senso locale, esplorato col compasso del Weber, ci dà queste variazioni sottoponendo l'organo tattile ad

Digitized by Google

uno stimolo energico come la carta senapata, dovremo pure ottenere analoghi risultati adoperando la misura cronologica della localizzazione cutanea. Una persona, che per modificazioni artificiali provocate in un punto *a* della metà destra, percepisce due eccitamenti a più breve distanza che in un punto *a'* simmetrico della metà sinistra, dove il senso locale ha perduto un poco della sua finezza, segnerà per via cronoscopica una durata minore quando deve compiere il giudizio di essere stato toccato nel punto *a*, mentre impiegherà maggior tempo pel punto *a'*. Oltre a ciò, e per naturale conseguenza, confrontando le cifre del discernimento di ciascuna delle regioni cutanee *a* ed *a'* prima e dopo che si modifichi sperimentalmente l'organo periferico, dovrebbesi vedere che mentre in *a* il tempo del giudizio si abbrevia, in *a'* invece si prolunga. Questa ipotesi che noi facciamo in fondo non sarebbe altro che un'ulteriore conferma delle intime relazioni del senso locale con la durata del processo psichico elementare e discriminativo.

L'esperienza viene in appoggio dell'ipotesi, e forse la prova psicometrica ha un valore più alto di quella che ci fornisce l'esame dei così detti circoli tattili. E a fine di evitare ogni discussione, riferisco, senz'altro, le cifre delle esperienze, sulle quali il fisiologo ed il psicologo potranno esercitare i loro criteri analitici.

La zona cutanea, scelta in due soggetti di esperienza per determinare le variazioni della durata del discernimento, è il dorso delle due mani. Dopo di aver segnato il tempo della localizzazione nell'uno e nell'altro punto, ho posto sul dorso della mano destra una piccola carta senapata di forma rettangolare, tenendovela applicata per

Digitized by Google

dodici minuti. La pelle, com'è naturale, si fa rossa, e la sensibilità di contatto si rende molto squisita. Indi ho fatto una nuova serie di esperienze sulla localizzazione, toccando alternativamente col pennello eccitatore ora la mano destra ed ora la sinistra, e ne ho segnato le durate relative.

Dalle cifre seguenti si rilevano le modificazioni avvenute nel tempo del discernimento prima e dopo l'applicazione dello stimolo cutaneo:

TEMPO DI REAZIONE CON DISCERNIMENTO

		Prima	Dopo	Differenza
S.	Mano destra	0.213	0.188	— 0.025
	Mano sinistra	0.209	0.216	+ 0 007
R.	Mano destra	0.234	0.200	— 0.034
	Mano sinistra	0.233	0.244	+ 0 008

Nel primo esempio il decorso cronologico del periodo di reazione con discernimento è diminuito a destra di 25 millesimi e si è accresciuto a sinistra di 7 millesimi; nel secondo esempio a destra si è ridotto di 34 millesimi ed a sinistra v'è stato un aumento di 8 millesimi.

Vediamo di chiarire alcune quistioni che si contengono in queste cifre numeriche, e mettiamo da canto ogni tentativo di interpretare la genesi dei fenomeni.

Anzitutto bisogna escludere due fattori, cioè l'esercizio e la stanchezza, che non entrano affatto nelle nostre esperienze. Si sa che l'esercizio abbrevia la durata dei processi psichici, mentre la stanchezza ha effetto opposto. Nel caso nostro trattasi di due persone già abituate alle esperienze e nelle quali non era più visibile un'influenza

Digitized by Google

palese dell'esercizio. Se dovessimo per avventura ammettere cotesta influenza, non sapremmo spiegarci perchè il tempo di reazione con discernimento siasi accresciuto solo a sinistra tanto nell'uno che nell'altro individuo. Molto meno, per trovare la cagione di tale aumento, devesi ricorrere all'effetto della stanchezza. Mi basti il dire che tra una serie e l'altra di esperienze, fatte prima e dopo l'applicazione della carta senapata, trascorsero quindici minuti, e, quel che è più, l'esame era disposto in modo alternativo e quindi in condizioni identiche a quelle in cui misurai il tempo del discernimento innanzi che fosse eccitato l'organo di senso. Ciò importa che l'effetto della stanchezza doveva estendersi egualmente tanto a destra che a sinistra.

Esclusa adunque l'influenza dell'esercizio e della stanchezza, dobbiamo fermare la nostra attenzione sopra un fatto degno di nota.

Se non c'interessa sapere per quali cause avvenga la reciproca variazione del senso locale e del tempo discriminativo nelle due zone simmetriche della mano, e più specialmente perchè nel punto non eccitato aumenti, anche di 7-8 millesimi di secondo, il processo cronologico di localizzazione; dobbiamo però riconoscere che il fattore causale precipuo della diminuzione assai notevole delle cifre psicometriche a destra è riposto nei cangiamenti fisici e fisiologici, che ha subito l'apparato terminale del tatto. Modificando e rendendo iperestesica una zona cutanea, noi abbiamo reso più breve il processo del discernimento: la qual cosa mostra quanta parte nelle percezioni elementari e nelle percezioni complesse spetti all'organo periferico di senso. Questa idea ho accennato ripetute volte

Digitized by Google

nei miei lavori di psicologia sperimentale, ed il Sergi la convalida ampiamente col chiamare gli organi di senso « primi centri produttori del fenomeno percettivo » In essi avviene la prima e necessaria reazione agli stimoli esterni, i quali, com'è noto, sono forme di movimento sotto l'aspetto meccanico o chimico, ed avviene pure il cangiamento molecolare che impronta di carattere specifico la funzione nervosa (1).

Dalle mie esperienze risulterebbe adunque che la iperestesia cutanea, circoscritta con mezzi artificiali a una data regione, influisce sul tempo dei processi mentali, abbreviandolo visibilmente nel luogo di eccitamento ed aumentandolo, sebbene in minori proporzioni, nel luogo opposto dello stesso nome. E risulta ancora un altro fatto, cioè che non vi può essere, come forse pretenderebbe qualcuno, una perfetta eguaglianza tra le variazioni dei circoli tattili e le variazioni del tempo psichico; v'è però perfetta analogia: il che, se ben si guardi, è in corrispondenza armonica con le molteplici esperienze che ho fatto sulla durata della reazione semplice e del discernimento in vari luoghi della pelle assai diversi per il senso dello spazio.

A me sembra, infine, che riesciranno di molto vantaggio alla fisiopsicologia gli studi sperimentali condotti con questo indirizzo, ed è desiderabile che gli osservatori continuino a notare i cangiamenti di durata dei processi psichici allora quando gli apparati sensori terminali non si trovano nelle condizioni ordinarie.

(1) Sergi, *Teoria fisiologica della percezione* Cap IV e XVI. Bibl. scientifica internazionale. Milano, 1881.

Digitized by Google

Con altri mezzi il Kraepelin ha misurato in alcuni individui le variazioni della durata del giudizio e della determinazione volitiva nelle loro forme più semplici. A simiglianza degli esperimenti del periodo fisiologico, egli adopera sostanze, le quali sono efficacissime sul meccanismo dei centri nervosi, come il nitrito d'amile, l'etere etilico, il cloroformio e l'alcool, e studia l'influenza che la disposizione psicofisica dell'individuo, così artificialmente modificata, può esercitare sopra la cronologia dei processi mentali. Tali esperienze discriminative e di scelta si riferiscono ad impressioni acustiche, cioè a suoni vocali (1).

a) *Nitrito d'amile.*

Discernimento. — Nel discernimento la curva psicometrica si comporta in guisa analoga alla curva del tempo fisiologico. Il ritardo avviene molto rapidamente, dopo 0.5 Min., ma non raggiunge un valore così alto come nelle semplici reazioni. In due soggetti (*T* e *K*) l'allungamento iniziale è per *T* 0.011, per *K* 0.020. Succede quindi una diminuzione notevole, che supera la correlativa del periodo fisiologico: in media essa è per *T* 0.029, per *K* 0.032.

Il Kraepelin spiegherebbe il fenomeno col supporre che nella narcosi i giudizi involontariamente diventano semplici reazioni.

Scelta. — Nell'atto di scelta l'andamento della curva

(1) Kraepelin, *Über die Einwirkung einiger medicamentöser Stoffe auf die Dauer einfacher psychischer Vorgänge.* Wundt's Philosophische Studien, Bd. I. H. 3-4.

Gli esperimenti si collegano a quelli di cui si è fatto cenno nel Cap. VI.

Digitized by Google

è il medesimo. Anche quivi i due stadi di aumento iniziale e di consecutiva riduzione del tempo spiccano con evidenza. Il ritardo in *T* fu di 0.028 ed in *K* di 0.023. La diminuzione nella scelta è maggiore che nell'atto della semplice percezione e del discernimento, come si dimostra dal prospetto seguente:

	Aumento		Diminuzione	
	T	K	T	K
Tempo di reazione	0.032	0.043	0.022	0.022
Tempo di discernimento	0.011	0.020	0.029	0.032
Tempo di scelta	0.028	0.023	0.054	0.039

La riduzione nell'atto di scelta subisce più profondamente delle altre due forme l'efficacia delle sostanze modificatrici del sistema nervoso: e ciò vuol dire che il passaggio dello stato di eccitamento centrale al dominio motore è reso assai meno difficile.

b) *Etere etilico.*

Discernimento. — Le ricerche sul discernimento son poche, e compiute sopra di un solo individuo (*K*) riuscirono penose, perchè l'atto del giudizio avveniva con difficoltà.

In due serie di esperimenti si sono ottenute queste cifre:

	Aumento	Diminuzione
I.ª	0.140	— 0.005
II.ª	0.035	0.013

Digitized by Google

La I^a^ serie va riferita alla narcosi profonda; la II^a^ alla narcosi di grado leggiero.

Anzitutto si osserva che i tempi di discernimento mostrano un ritardo iniziale, il quale è più grande se è maggiore l'intensità della narcosi. La diminuzione consecutiva al di sotto della media ordinaria ha luogo sol quando il disturbo della coscienza è modico. Se l'azione dell'etere fu molto energica, si riscontra, al cedere di essa, una forte discesa della curva psicometrica, la quale però non raggiunge il punto normale e si mantiene in una linea di ritardo.

Scelta. — Nella scelta conviene distinguere pure la narcosi leggiera dalla profonda.

A narcosi lieve la grandezza del ritardo sulla media è in *L* di 0.109, in *K* di 0.072; e la grandezza della riduzione viene rappresentata dalle due cifre rispettive 0.045 e 0.036.

Nella narcosi profonda l'accrescimento medio dopo tre minuti fu 0.117; la diminuzione, dopo quattordici minuti, — 0.015, cioè a dire i tempi non ritornarono al periodo normale. Quivi è pur confermato il fatto che, sotto la massima energia dell'azione modificatrice delle sostanze tossiche, cresce l'allungamento iniziale dei tempi psichici, e diviene minimo il decremento consecutivo. Il ritardo permanente della reazione nelle esperienze di scelta è molto più accentuato di quelli che finora abbiam potuto trovare.

c) *Cloroformio.*

Discernimento. — Gli esperimenti sulla durata dell'atto discriminativo danno per *K*, dopo 2-3 minuti, un incremento medio di 0.081.

Digitized by Google

Assai manifesta è l'influenza dell'intensità narcotica del cloroformio sull'atteggiamento che assumono le due fasi dei valori psicometrici. Ecco infatti alcune cifre:

	Aumento	Diminuzione
Narcosi lieve	0.013	0.012
Narcosi profonda	0.152	— 0.001

In modo analogo alle semplici reazioni, la durata della prima fase cresce a misura che si accentua il perturbamento dell'organo centrale della coscienza, e per contrario la seconda fase, ossia la diminuzione susseguente, prende un aspetto negativo, come s'è visto per l'etere. Tuttavia, comparando le esperienze del discernimento con le congeneri di reazione semplice, v'è qualche punto oscuro che merita di essere chiarito con indagini ulteriori.

Scelta. — Il ritardo nella scelta va di pari passo col grado di narcosi, mentre l'acceleramento secondario segue il rapporto inverso:

		Aumento	Diminuzione
Narcosi lieve	L	0.088	0.035
	K	0.113	0.014
Narcosi profonda	L	0.239	— 0.046
	K	0.137	— 0.003

Dopo la narcosi profonda il decremento non raggiunge mai la linea normale, ed il ritardo delle reazioni è tanto più pronunziato, quanto più intenso è stato il disturbo della coscienza: la qual cosa, come vedesi, è in completo accordo con le esperienze sull'etere.

Malgrado che le ricerche, lungi dall'essere definitive,

Digitized by Google

siano in qualche punto manchevoli per sola quantità, tuttavia non può tacersi di un fatto, il quale maggiormente ha colpito la nostra attenzione. Intendiamo accennare all'andamento a duplice fase delle modificazioni sperimentali del processo psichico. Cotesto fenomeno inaspettato deve spingere, come osserva giustamente il Kraepelin, allo studio dell'azione di altre sostanze sull'organismo mentale, a fin di giudicare se la successione delle due fasi debba comprendersi qual regola comune o qual'effetto speciale di agenti tossici determinati. Nel primo caso la cagione vera del fenomeno risiederebbe nelle proprietà fisiologiche generali degli organi nervosi della coscienza; nel secondo invece bisognerebbe ricercarla fra le proprietà caratteristiche di alcune particolari sostanze farmacologiche.

d) *Alcool.*

Gli esperimenti con l'alcool, all'opposto di quelli testè ricordati del nitrito d'amile, dell'etere e del cloroformio, dimostrano che le modificazioni nella durata dei processi psichici sono costituite da iniziale decremento e da ritardo consecutivo.

Discernimento. — In primo luogo, dopo 3-4 minuti, succede una diminuzione, che varia secondo gli individui e dipende dalla quantità della sostanza. Può dirsi in genere che l'atto del discernimento è meno accessibile all'influenza abbreviatrice dell'alcool che la semplice reazione. La seconda fase di ritardo avviene tosto, e ad alta dose non è preceduta dalla prima.

Scelta. — Nella scelta i fenomeni decorrono in guisa

Digitized by Google

analoga. Le grandi dosi fanno scomparire del tutto il primo stadio dell'azione; ed il ritardo si manifesta tanto più rapidamente, quanto maggiore è la quantità dell'alcool bevuto, segnando il suo punto massimo dopo 30-50 minuti.

L'esempio, tolto dallo stesso Kraepelin, è assai dimostrativo:

Dosi	15gr.	22.5gr.	30gr.	45gr.	60gr.
			Diminuzione		
Discernimento	0.019	0.032	— 0.003	— 0.005	— 0.015
Scelta	0.023	—	—	0.006	0.001
			Aumento		
Discernimento	0.011	0.027	0.051	0.069	0.093
Scelta	0.024	—	—	0 093	0.004

Una minuta analisi sul grado d'influenza risentito in vari individui dai singoli atti psichici rivela che la scelta è più accessibile del discernimento all'azione abbreviatrice dell'alcool ed assai meno all'azione di ritardo. L'accorciamento dei tempi deve quindi attribuirsi alla facilità con cui si propagano i processi di eccitazione psicomotrice, mentre l'aumento cronometrico è dovuto alla difficoltà di comprendere e discernere gli stimoli esteriori. E l'esperienza quotidiana viene in appoggio di questi fatti.

Se facciamo ora un parallelo dei risultati ottenuti col nitrito d'amile, con l'etere e con il cloroformio da una parte, e dall'altra con l'alcool, si osserva che la successione delle due fasi modificatrici dei processi psichici si compie in senso inverso; ed il lettore se ne sarà agevolmente accorto. Nel gruppo delle sostanze tossiche abbiamo

Digitized by Google

un ritardo iniziale ed un consecutivo acceleramento cronologico; nell'alcool invece la diminuzione forma il primo stadio ed il ritardo si manifesta al secondo periodo. Tuttavia le due fasi, per lo meno nell'etere, nel cloroformio e nell'alcool, mostrano rapporti del tutto analoghi rispetto alla intensità degli effetti farmacologici. Sarebbe poi da considerare, con critica più sottile e con larga copia di fatti, l'influenza che ciascuna sostanza dispiega sopra le singole forme di reazione. Tali cangiamenti dell'intimo meccanismo dei centri nervosi risalterebbero meglio se le esperienze potessero aumentarsi di numero, estendersi ad altri corpi e i metodi di ricerca applicarsi ai processi, che sono annoverati tra i più alti dell'evoluzione psichica.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO XI

LA DURATA DELLE PERCEZIONI COMPLESSE E DELL'ASSOCIAZIONE DELLE IDEE.

Il nuovo dominio di fatti che, aiutati dal metodo obiettivo, esploriamo coi nostri strumenti, come fu ben osservato, è quasi del tutto terra incognita. Sopra un mondo di fenomeni, che per loro natura sembrano assolutamente indipendenti da ogni rapporto esterno, possiamo estendere le indagini sperimentali e scoprire delle leggi poc'anzi non sospettate.

La scienza ha già cominciato a raccogliere i primi materiali sulla durata delle percezioni complesse e dell'associazione delle idee; ma invero è ben poco ciò che si sa rispetto a quello che si potrebbe conoscere. Nondimeno la via è tracciata e, percorrendola, si giungerà senza dubbio ad arricchire il patrimonio delle nostre cognizioni.

Col presente capitolo mi propongo di riassumere in poche pagine il frutto di molte esperienze, che iniziate dal Wundt andranno accumulandosi e perfezionandosi con-

Digitized by Google

tinuamente: dirò anzi che se dovessi scrivere fra qualche tempo sui problemi, dei quali ci occupiamo, troverei così accresciuta la quantità delle ricerche da essere costretto a svolgere in un libro ciò che oggi forma argomento di un solo capitolo.

I.

Percezioni complesse.

L'atto di appercepire le rappresentazioni complesse occupa nella gerarchia dei fenomeni psichici un grado più elevato del semplice discernimento degli stimoli elementari; poichè non solo comprende il processo discriminativo, ma unifica, per così dire, in una sola imagine una pluralità di eccitamenti.

Nella misura del tempo mentale, che richiedesi per distinguere le rappresentazioni composte, conviene far uso del metodo fin qui adottato. Ogni altro congegno metodico non può raggiungere lo scopo, e ne dànno esempio le esperienze del Baxt, il quale calcola la durata dell'appercezione di imagini visive col rendere nullo l'effetto postumo fisiologico che consegue ad ogni stimolo luminoso (1). Qui è opportuno intanto apprestare taluni schiarimenti.

Quando un'impressione, che chiameremo principale, è

(1) Baxt, *Ueber die Zeit, welche nöthig ist, damit ein Gesichtseindruck zum Bewusstsein kommt, und über die Grösse der bewussten Wahrnehmung bei einem Gesichtseindruck von gegebener Dauer.* Archiv für d. ges. Physiologie, Bd. IV, p. 325.

Digitized by Google

seguita a brevissimo intervallo da un'altra della stessa natura, l'esperienza permetterebbe di stabilire la durata dell'appercezione della prima: basta che provando e riprovando si faccia variare l'intervallo fra i due eccitamenti e si trovi il tempo voluto a fin che l'impressione principale sia spenta dalla seconda. Deve però considerarsi che ogni stimolo non scompare del tutto ed in maniera istantanea appena è prodotto: esso lascia nell'organo sensorio quasi un'eco, un effetto persistente, che dura quando si riceve l'eccitamento consecutivo. Tuttavia può eliminarsi ogni difficoltà se all'impressione, che deve essere appercepita, segue immediatamente un'altra che, spegnendola, ne annulli nello stesso tempo l'azione postuma fisiologica. Col mutare molte volte l'intervallo tra l'eccitamento principale e quello secondario, che è destinato ad estinguere il primo, si riesce a determinare lo istante, nel quale può aver luogo una sola percezione. Il tempo così misurato varia moltissimo: infatti, a differenti gradi di intensità dello stimolo consecutivo, la durata di percezione di tre lettere dell'alfabeto oscilla fra $^1/_{40}$ ed $^1/_{18}$ di secondo, ed aumenta considerevolmente, come 1 : 5, quando si complica l'impressione, nella quale bisogna anche tener conto della grandezza e del suo contrasto nel campo visivo.

Col metodo invece già usato nelle ricerche sul discernimento semplice si computano senza ostacolo di sorta gli intervalli per appercepire o distinguere qualunque rappresentazione: basta solo che l'oggetto esterno si faccia agire sull'organo di senso fino a che sia ben chiaramente ravvisato, e dall'equivalente numerico si sottragga il periodo di reazione. Essendo eguali in ambedue i casi i pro-

Digitized by Google

cessi fisiologici di conducimento sensitivo e motore ed i processi centrali, la differenza rappresenterà l'intervallo di appercezione (Apperceptionszeit) (1).

Gli stimoli visivi sopratutto si prestano alle nostre misure, e fra essi specialmente i simboli numerici, perchè possiedono il vantaggio speciale di offrire una graduazione regolare e crescente della loro struttura percettiva. Il Wundt ne ha dato il primo saggio usando numeri con 1, 2, 3, 4, 5 e 6 cifre, ciascuna delle quali occupa lo spazio di un rettangolo di 6 mm. di altezza e di 3.8 mm. di larghezza. Le cifre erano riconoscibili senza sforzo alcuno, e per le loro dimensioni valevano a render nulla l'influenza della vista indiretta e dei movimenti dell'occhio. Il punto di mira cadeva sempre sulla metà della linea occupata dal numero. I simboli inoltre disponevansi e combinavansi in modo che l'osservatore non potesse giovarsi di imagini mnemoniche, e, appena veduti, dovevano pronunziarsi non come singole cifre, ma come complesso numerico.

I valori medi del tempo di distinzione, divisi in due grandi serie, sono raccolti nel seguente prospetto generale:

(1) Wundt, Op. c. Bd. II p. 256.

Friedrich, *Über die Apperceptionsdauer bei einfachen und zusammengesetzten Vorstellungen.* Philosophische Studien, I. Bd., I. H. p. 60.

Digitized by Google

Numeri di	1	2	3	4	5	6 Cifre
I.	0.378	0.386	0.375	0.473	0.650	0.960
	0.270	0.303	0.305	0.418	0.445	0.182
II.	0.396	0.442	0.700	0.881	1 267	1.541
	0 341	0.317	0.512	0.950	1.032	1.722
III.	0 348	0.421	0 601	0.818	1.080	1 387
	0.194	0.276	0.330	0.480	0.704	0.907
IV.	0.324	0.339	0.324	0.474	0.687	1.082
	0.208	0.353	0.386	0.491	0.627	0.979

L'esame del prospetto dimostra che in genere i tempi aumentano in ragione del numero delle cifre; ma non v'è certo un ritardo cronologico in rapporto proporzionale con la maggiore quantità di simboli numerici. Tra i numeri di 1, 2 e 3 cifre la differenza, d'ordinario, è minima; mentre il passaggio ai numeri di 4, 5 e 6 cifre palesa un incremento progressivo e visibilissimo di tempo. Il fenomeno s'interpreta considerando che i numeri di tre cifre rappresentano quasi un'impressione semplice e svegliano una sola imagine. L'occhio percepisce facilmente tre cifre come unico oggetto, ma nel riconoscere numeri di 4-5-6 cifre scompone l'impressione generale in singole parti, e ciò importa ritardo dell'intervallo discriminativo: avviene insomma una specie di processo dicotomico di cifre a due a due, a due e a tre, e via dicendo. È interessante però il fatto, del resto spiegabile con le note leggi dell'abitudine e della memoria, che tutti i numeri a 4 cifre, di cui le prime segnino 18, cioè le iniziali del millesimo, sono distinti in un tempo assai breve.

Digitized by Google

A parte le differenze individuali dei singoli osservatori, lo studio comparativo dei valori delle due serie, che sono disposte in ordine di successione, lascia trasparire gli effetti dell'esercizio, il quale rende più piccoli i valori cronometrici a misura che aumenta la quantità delle cifre. La riduzione del tempo poi è di gran lunga maggiore nel formare imagini numeriche che nel discernere i colori, ed avviene in un grado tanto più alto ed evidente, quante più cifre sono contenute nel numero. Il fenomeno, come osserva il Friedrich, dipende da una legge, per la quale nel succedersi di atti psichici complessi l'esercizio non si spiega soltanto sulle singole parti, ma sull'insieme accelerando la formazione consecutiva delle imagini: sicchè, in ultimo, il tempo totale di reazione risente un decremento molto forte. Ed io potrei recare l'esempio caratteristico di un individuo, sul quale avendo sperimentato con imagini visive riferibili a segni grafici, in breve spazio osservai il tempo di appercezione ridursi di circa 200 millesimi di secondo sopra le durate congeneri delle prime ricerche.

Oltre ai numeri, le semplici figure geometriche, di forme regolari ed irregolari, come triangoli, quadrati, pentagoni ed esagoni, vanno annoverate tra le rappresentazioni visive, e di esse può cercarsi il tempo percettivo. Sembra derivare dall'esperienza che nè la quantità dei lati, nè le forme delle figure hanno relazione col decorso dell'atto psichico, poichè i diversi spazi figurati, dopo breve esercizio, sono distinti con celerità quasi identica, la quale corrisponderebbe alla durata necessaria per discernere un numero di 3 a 5 cifre ed avrebbe i medesimi caratteri, che nei vari osservatori segnano quella che dicesi differenza individuale.

Digitized by Google

Alcune mie ricerche sui numeri di una sola cifra forniscono risultati in apparenza molto dissimili da quelli del Wundt or ora ricordati:

DISCERNIMENTO DEI NUMERI DI UNA SOLA CIFRA

I.	0.101	Variazione media	± 0.040
II.	0.078		± 0.025

La brevità di questi intervalli è dovuta essenzialmente alla forma dei simboli numerici, i quali occupavano uno spazio rettangolare, che era alto 28 mm. e largo 18 mm. al massimo. La legge formulata dall'Exner, per la quale, fino a un certo limite, il tempo di percezione dipende dalla grandezza della imagine retinica, trova la sua conferma in queste come in altre esperienze, dove s'è visto che se le grandezze aumentano in progressione geometrica le durate decrescono in rapporto aritmetico.

Meglio riusciti a me sembrano gli esperimenti che ho cominciato sulla distinzione delle lettere dell'alfabeto, e già posso offrirne un primo saggio, che costituirà il nucleo di indagini più ampie e particolareggiate (1).

Dentro una cassetta oscura e sopra una striscia di carta bianca colloco alternativamente le lettere maiuscole dell'alfabeto, le quali misurano in altezza poco più di 3 centimetri ed in lunghezza massima 15 millimetri. Mentre l'osservatore è intento a guardare dentro il fondo nero della cassetta, si illumina ad un tratto un tubo di Geissler ed appaiono distintamente i simboli alfabetici: la reazione succede appena la lettera è riconosciuta come

(1) Saranno pubblicate prossimamente da me e dal prof. MORSELLI.

Digitized by Google

tale e pronunziata subito ad alta voce. La differenza fra le durate delle semplici percezioni luminose, che in ciascuna serie di esperienze precedono e susseguono a quelle di discernimento, e le durate totali delle percezioni complesse, stabilisce l'intervallo psichico che cerchiamo.

Ciascuna serie è composta di 25 esperimenti, e di questi ho preso la media aritmetica e calcolato l'errore o esponente di oscillazione. Inoltre m'è parso opportuno segnare sotto il nome di gruppo tipico i limiti numerici, entro i quali è compresa la maggior quantità delle esperienze.

		Reazione semplice	Durata della percezione complessa	Errore	Gruppo tipico	Tempo del discernimento delle lettere
M	1.ª Serie	0.190	0.391	± 0.041	(340-430)	0.201
	2.ª Serie	0.182	0.378	± 0.032	(340-400)	0.196
	3.ª Serie	0.181	0.364	± 0.047	(310-400)	0.183
B	1.ª Serie	0.184	0 293	± 0.026	(270-320)	0.109
	2.ª Serie	0.177	0.276	± 0.028	(240-300)	0.099

È manifesta anzitutto una grande variabilità numerica nei due soggetti di osservazione. Mentre il periodo fisiologico agli eccitamenti luminosi decorre con minime differenze, il tempo della percezione delle lettere invece è grandemente dissimile.

In secondo luogo se nelle prime esperienze, delle quali non ho tenuto conto, i valori cronometrici percettivi per la poca abitudine erano espressi da numeri alti, nelle serie susseguenti, che son quelle qui riprodotte, malgrado fossero istituite in condizioni migliori, si travede tuttavia una certa influenza dell'esercizio.

Infine, ed è ciò assai importante, ho potuto osservare

Digitized by Google

che la forma e la qualità delle lettere non costituiscono elementi differenziali nella successione cronologica dell'atto psichico. I vari segni alfabetici, sia appartenenti al gruppo delle vocali o delle consonanti, sia raffigurati, per esempio, in linee ed in curve semplicissime come l'*I* e la *C*, od in linee complicate come l'*M* e la *Z*, si percepiscono in genere e si distinguono quasi nello stesso tempo. Il simbolo grafico elementare, per le cui infinite combinazioni manifestiamo i nostri pensieri e riceviamo notizie dal mondo esterno, è ravvisato con velocità eguale di apprendimento in qualunque delle sue forme si presenti. Succede, insomma, in questo caso ciò che poc'anzi ha notato il Wundt per le figure geometriche variamente disegnate.

II.

Associazione delle idee.

Se un'eccitamento di senso sveglia per leggi associative un'imagine mnemonica, ossia un'idea, e si conosce l'intervallo che d'ordinario trascorre per distinguere lo stimolo, è possibile, sempre con gli stessi metodi di esperienza, calcolare il tempo psichico di associazione (1).

Gli stimoli esterni che meglio conducono allo scopo di rievocare le idee sono le parole monosillabiche. È indispensabile che le cause eccitatrici offrano il vantaggio

(1) Trautscholdt, *Experimentelle Untersuchungen über die Association der Vorstellungen.* Philosophische Studien, I. Bd., 2. H. p. 213. — Wundt, Op. c. Bd. II, p. 279.

Digitized by Google

della massima brevità di durata; ed i segni fonetici riescono tali.

Per la misura del tempo di associazione si fanno tre gruppi di esperimenti, che segnaliamo con le iniziali *R*, *Rd*, *Ra:*

R) Periodo di reazione ai semplici eccitamenti acustici.

Rd) Reazione con discernimento, ossia tempo che passa dall'istante in cui si pronunzia la parola fino al movimento volontario consecutivo alla distinzione mentale della parola medesima.

Ra) Reazione con associazione, che equivale al tempo compreso fra il momento in cui vien detta la parola e la risposta motrice, la quale indica essersi svegliata un'imagine nella coscienza per legge associativa.

Le tre diverse specie di reazione in quattro osservatori si disporrebbero cronometricamente nel modo che segue:

	R	R*d*	R*a*
I.	0 196	0.303	1.009
II.	0.108	0.285	1.037
III.	0.116	0.173	0.896
IV.	0.143	0.280	1.154

È chiaro che se la differenza *Rd-R* dà il tempo della appercezione della parola, la differenza *Ra-R l* deve corrispondere al tempo dell'associazione.

TEMPO DI DISCERNIMENTO		TEMPO DI ASSOCIAZIONE	
I.	0.107	I.	0.706
II.	0.177	II.	0.752
III.	0.057	III.	0.723
IV.	0.137	IV.	0.874

Digitized by Google

Le cifre dimostrano che il processo associativo ha una durata maggiore del discernimento e, ciò che è interessante, offre piccolissime oscillazioni individuali non ravvisabili allo stesso grado nei tempi discriminativi e persino nelle semplici reazioni acustiche. È da eccettuarsi l'ultimo caso (IV), poichè trattasi di un individuo che, avendo poca abitudine della lingua tedesca, doveva necessariamente l'associazione dell'imagine all'eccitamento fonetico prodursi con molto ritardo nel suo cervello. Laonde se prendesi il valore medio delle cifre 0.706, 0.752 e 0.723, nelle quali è massima la concordanza, possiamo credere che

0.727

esprima la durata dell'associazione.

Quest'intervallo è assai più piccolo di certi calcoli fatti dal Galton, il quale con metodo speciale avrebbe trovato che in un minuto possono alternarsi nella coscienza cinquanta rappresentazioni: ossia ogni imagine rappresentativa ha una durata di 1 secondo e 300 millesimi (1).

Il Galton sceglie 75 parole, che scrive in piccole striscie di carta e conserva dentro le pagine di un libro. Poi le fa comparire al suo sguardo successivamente, ed appena legge una parola, mette in movimento un cronometro e segna il tempo che trascorre affinchè quella parola svegli 2, 3 ed anche 4 idee per associazione diretta. Questa esperienza, ripetuta in diversi intervalli quattro volte con le 75 parole, diede luogo a 505 idee, le quali durarono a formarsi 660 secondi: ossia in un minuto si produssero 50 idee all'incirca.

(1) GALTON, *Psychometric Experiments.* Brain, a Journal of neurology, july 1879, p. 149.

Digitized by Google

È naturale intanto che non tutte le associazioni si compiono con lo stesso decorso cronologico. Le parole comuni, che suscitano spesso processi riproduttivi, possiedono maggiori probabilità di provocare associazioni in un tempo più breve di altre parole, che si usano meno abitualmente. Ed infatti le cifre massime e minime sono date dalle associazioni le più difficili e le più facili.

Rispetto alle varie categorie o forme, in cui si possono dividere le associazioni, osserviamo che i tempi correlativi si atteggiano diversamente e mostrano anche differenze caratteristiche individuali.

Il Wundt distingue tre classi di associazioni:

1.° Associazioni verbali, nelle quali una data parola ne sveglia un'altra a causa di frequente connessione con la medesima.

2.° Associazioni esterne o indirette di percezioni, che si sono formate nello spazio e nel tempo, l'una accanto all'altra o immediatamente dopo l'altra, in modo che la loro unione si generi per opera dell'abitudine e dell'esercizio, e col sussidio dei concetti di tempo e di spazio.

3.° Associazioni interne o dirette, che sono provocate da proprietà o rapporti intimi delle medesime imagini rappresentative, le quali hanno perciò fra di esse elementi comuni ed affini.

I tempi corrispondenti a queste tre forme sarebbero:

	Associazioni verbali	Associazioni esterne	Associazioni interne
I.	0.623	0 864	0.687
II.	0.737	0.810	0 730
III.	0.762	0.701	0 691
IV.	0.977	0.710	0.861

Digitized by Google

La cifra massima è 0.977 (associazione di parola) ed appartiene all'individuo che, poco esperto nell'uso del parlare tedesco, non possedeva una ricca suppellettile di vocaboli. Il minimo intervallo è dato dalla formazione di associazioni verbali ed interne del primo osservatore, che è il Wundt, di cui la grande abitudine nel discorrere, nello scrivere e nel pensare, chiarisce senz'altro il fenomeno.

Ma v'è ancora un altro processo psichico, il cui meccanismo è più complicato della semplice associazione. Trattasi in questo caso di stabilire il tempo di un giudizio, pel quale si richiede che lo sperimentatore pronunzi una parola monosillabica, ed il soggetto di esperienza reagisca con il solito segnale tostochè nella sua mente si è formato un pensiero, che sta in rapporto di sovrordinazione logica con il concetto espresso dalla parola. Il giudizio, a dir breve, consiste nel designare la categoria, cui appartiene la cosa che si raffigura con un dato simbolo fonetico.

Le medie dei tempi di un tal processo logico (Subsumtionsurtheil) sono nei primi tre osservatori:

0.845
0.729
0.725

Il valore medio generale è 0.766, che supera di 0.04 il tempo dell'associazione: esso però non ha pregio assoluto, perchè è dedotto da cifre molto oscillanti, le quali dipendono dalla maggiore o minore facilità che abbiamo acquistata nel disporre in categorie più universali le rappresentazioni relative agli oggetti.

Digitized by Google

Val meglio pertanto studiare il tempo di formazione dei giudizi secondo la loro natura. Così la durata è minima in una classe di giudizi, nei quali un termine concreto sveglia il suo concetto generico; ad esempio:

Salamandra (1)	—	Animale	(0.523)
Z	—	Lettera	(0.432)
Ramo	—	Parte di albero	(0 599)

Il giudizio, adunque, avviene con rapidità, se le imagini hanno caratteri concreti e si usano frequentemente, per abitudini quotidiane, come casi speciali di idee generiche.

Ma il decorso della formazione logica è più lungo quando la parola, che simboleggia uno stato od una proprietà qualsiasi, deve suscitare rappresentazioni più indeterminate; e fa trascorrere poi il massimo intervallo quel processo psichico, in cui un concetto astratto, per mezzo sempre della parola indicatrice, deve subordinarsi ad un concetto più universale, come ad esempio:

Arte — Attività estetica dell'uomo (1.899).

Insomma, quanto più astratta è la rappresentazione mentale svegliata dall'esterno col simbolo verbale, tanto meno facilmente si classifica, e perciò tanto più grande è il tempo del giudizio.

(1) La parola « salamandra » e tutte le altre, con le quali si provoca l'associazione delle idee, in lingua tedesca sono formate di una sola sillaba.

Digitized by Google

Ora le medie corrispondenti a queste tre classi di giudizi sarebbero espresse dalle cifre qui sotto raccolte:

	1.ª Classe	2.ª Classe	3.ª Classe
I.	0.823	0 854	0.917
II.	0.625	0.876	1.250
III.	0.633	0.738	1.046

Secondo il Trautscholdt, il valore che meglio significa la durata del processo logico, di cui si è discorso, dovrebbe ricavarsi dalle due ultime classi di giudizi, che sono di natura più astratta: quindi la media razionale è

0.874,

la quale è maggiore della prima (0.766) e sopravanza di 147 millesimi la media del tempo di associazione (0.727).

Fin qui giungono gli studi sperimentali sopra quella grande legge di associazione, che governa tutti i fenomeni psichici e, per ripetere la frase scultoria dello Stuart Mill, rappresenta nel mondo del pensiero l'equivalente della legge di gravità nella fisica siderale. Di siffatti studi il lettore avrà potuto apprezzare il significato scientifico.

Conviene intanto, prima di chiudere il presente capitolo, considerare brevemente qualche analogia meritevole di nota.

La durata dell'associazione (0.727) concorda in tutto con la durata che le esperienze del Wundt sulla esattezza nel riprodurre gli intervalli di tempo stabiliscono come normale. Se i tempi brevi sono allungati nella memoria

Digitized by Google

ed i tempi lunghi son fatti corti, v'è però un intervallo obiettivo di alcun poco maggiore di 0.7, il quale è riprodotto in media nella sua giusta grandezza. Ed è anche interessante che la stessa durata di associazione sia quasi identica al tempo che una somma di atti muscolari del nostro corpo impiega nel prodursi. Attenendoci infatti alle classiche ricerche dei fratelli Weber sulla meccanica del camminare nell'uomo, l'intervallo della oscillazione della gamba quando si va rapidamente importerebbe 707 millesimi di secondo.

Di fronte a queste singolari analogie non è improbabile, come conchiude il Wundt, che il valore costante psichico della durata dell'associazione e dell'apprezzamento cronometrico siasi formato sotto l'influenza dei movimenti del corpo, nei quali la psicologia moderna va ravvisando alcuni aspetti per l'innanzi sconosciuti.

Digitized by Google

CAPITOLO XII

LA DURATA DELLA RIPRODUZIONE.

Tra i processi funzionali del cervello, quelli della memoria, cui spetta l'ufficio di formare il substrato e la tessitura generale della personalità vivente, hanno nella psicologia un'importanza singolarissima. Oggi che l'esperimento e il calcolo aprono vie così insperate alle indagini delle attività psichiche, è legittimo il tentativo d'introdurre il metodo sperimentale anche nello studio della memoria; e però non parrà strano se ho voluto ricercare i rapporti fra la durata di una percezione esterna e la durata della sua riproduzione.

Un tale esame comparativo, eseguito col criterio della quantità misurabile, nel fenomeno psichico che ripete la sua origine da cause obiettive, e nel fenomeno psichico od imagine che quasi spontaneamente vediamo insorgere dentro di noi, deve costituire un capitolo di ricerche tutt'affatto nuove nel dominio della scienza, la quale si occupa dei più alti problemi biologici, e condurre a conseguenze di non lieve interesse.

Anzitutto dobbiamo considerare che la nostra vita in-

Digitized by Google

terna non è altro che un tessuto meraviglioso d'imagini, le quali formano l'anello intermedio fra la sensazione e l'idea. Come la fisiologia in fondo al meccanismo organico di ogni essere vivente non discopre che cellule in varia guisa modificate, dello stesso modo la psicologia in fondo al meccanismo mentale non trova che sensazioni ed imagini di specie diversa: onde, per usare una frase bellissima del Taine, se la macchina organica è un polipaio di cellule fra loro dipendenti, la macchina psichica è un polipaio di imagini, che presentano le stesse relazioni, e l'unità nell'uno e nell'altro caso è un'armonia ed un effetto.

Tutte le percezioni, che ci fornisce il mondo esterno con le ondulazioni dell'etere, con i movimenti vibratori dell'aria, col contatto meccanico dei corpi e via dicendo, sono registrate nel cervello umano, e per la legge generale della persistenza dell'energia non vanno perdute, ma rinascono e si riproducono dando luogo a combinazioni psichiche più alte. Il colore e la forma di un oggetto qualsiasi, il suono d'uno strumento, dopo che è cessata l'eccitazione dei nervi specifici di senso, possono risorgere nella nostra coscienza; e, malgrado che non sia presente alcuna causa stimolatrice, noi possiamo rivedere quella forma e quel colore, e risentire quel suono con chiarezza ed intensità d'ordinario minori della percezione reale. Il nostro cervello, per attitudine particolare delle sue cellule, ci costruisce una visione interna molto analoga alla visione obiettiva, e ci fa percepire delle impressioni sonore molto simiglianti a quelle che provengono dagli oggetti posti nello spazio esteriore. Cotali fenomeni riproduttivi, che finora sembravano essere l'espressione misteriosa di una

Digitized by Google

attività iperorganica, hanno un vero carattere biologico, in quanto che la memoria (ed avremo occasione di discorrerne appresso) devesi considerare qual proprietà della materia vivente ed in ispecial modo della sostanza nervosa, che per ulteriore svolgimento morfologico e fisiologico trasforma la riproduzione in fatto psichico. Si direbbe quasi che il cervello rappresenti una specie di apparecchio fonografico, in cui le vibrazioni suscitatevi dagli stimoli esterni possono ripristinarsi generando identici fenomeni di coscienza.

L'imagine adunque è la rinascita cerebrale della percezione già avvenuta, e si differenzia da questa per alcuni segni particolari. Mentre la percezione è provocata da forze che si dispiegano sulla tessitura terminale dei nostri organi di senso, l'imagine invece si produce per eccitamento interno del cervello, e propriamente, secondo i dettami dell'odierna fisiologia, dei centri disseminati nella corteccia grigia. Oltre a ciò, l'imagine non possiede d'ordinario quella vivezza, quell'energia, quell'intensità che ha la percezione, e ci si presenta come una copia alquanto sbiadita dell'originale. In questo indebolimento del colorito e del tono delle rappresentazioni mentali da una parte, e dall'altra nella presenza di sensazioni contemporanee che servono di confronto o di paragone, stanno le cause precipue per cui l'imagine è da noi giudicata come un fantasma interiore. Ma se l'imagine, per circostanze anormali del cervello, acquista una esagerata intensità, allora abbiamo tutte le varietà possibili della riproduzione morbosa, dal sogno alle allucinazioni vivissime degli alienati.

Ora il processo fisiologico nella percezione esterna e

Digitized by Google

nella imagine, cioè nell'atto percettivo e nell'atto riproduttivo, deve essere il medesimo; poichè, come dice lo Spencer, ricordarsi di un colore è trovarsi, sebbene in grado più debole, nello stato psichico che produce la presenza del colore. Fisiologicamente adunque nella visione mentale del colore, i centri nervosi si dispongono nelle condizioni che sarebbero state ingenerate dall'oggetto luminoso. E siccome gli abiti psichici individuali sono variabili, e nella stessa persona le diverse specie di percezione non hanno eguale coefficiente di acutezza e di energia, ne segue che le imagini non presentano sempre i medesimi caratteri: la qual cosa significa che vi sono delle differenze rispetto alla chiarezza delle imagini mnemoniche. Una circostanza però, la quale rende più viva l'imagine, è quando ad essa precede immediatamente la percezione reale: in questo caso dal Fechner è chiamata « imagine mnemonica consecutiva » (Erinnerungsnachbild).

Ma ad un problema interessante noi dobbiamo accennare, cioè se tutte le percezioni forniteci dai vari sensi siano capaci di rinascere con imagini egualmente fedeli. Qui l'analisi psicologica ha fatto delle distinzioni importantissime, ed ha tentato anche di applicare il metodo statistico allo studio delle imagini mnemoniche, interrogando sulla chiarezza, sull'acutezza e sul colorito di esse un grande numero di individui per grado sociale, per età e per sesso diversi (1).

(1) Galton, *Statistics of mental imagery*. Mind, july 1880.
Fechner, *Elemente der Psychophysik*, Bd. II, p. 477.
Wundt, Op. c. Bd. II, p. 325.
Taine, *De l'intelligence*, T. prem. L. II.
Sergi, *Teoria fisiologica della percezione*, Cap. X.

Digitized by Google

Nei più le rappresentazioni visive sono riprodotte con integrità: il colore, la forma, l'atteggiamento di un oggetto percepito con la vista rinascono mentalmente, sebbene, come nota il Wundt, le imagini in molte persone adulte appaiono ora del tutto scolorate ed a contorni indecisi, ora a contorni chiari, ed ora meno vivamente colorate delle percezioni reali. Nella gioventù il colore non fa mai difetto, e le imagini conservano questo carattere di freschezza anche negli adulti, che vivono in continue relazioni col mondo esterno, mentre lo perdono nei dotti che esercitano troppo le loro attività mentali sopra soggetti astratti. Inoltre nelle imagini devesi tener conto dei loro rapporti spaziali e della loro grandezza. Per lo più le imagini ottiche sono collocate nel medesimo luogo e nella medesima distanza che dovrebbe rispondere al fenomeno obiettivo, di cui si riproducono con molta fedeltà le proporzioni. Ma spesso l'assegnamento di luogo non è esatto, poichè le imagini appariscono immediatamente innanzi alla vista ed anche talvolta nell'interno del capo o dell'occhio, e la loro grandezza non di raro è più piccola di quella propria dell'oggetto reale. Tutti questi caratteri sono particolari alle imagini forniteci dall'occhio: infatti, tranne i non pochi casi di musicisti, il cui cervello è un ricettacolo meraviglioso di melodie soggettive, la percezione sonora non dà in genere una imagine così distinta come la visiva, anzi spesso è l'imagine ottica che predomina o fa da complemento. Lo stesso può dirsi delle imagini del senso cutaneo, che solo nei ciechi nati raggiungono una compiutezza mirabile. Riguardo agli altri sensi sembra difficile od impossibile un rinnovamento della percezione.

Digitized by Google

Ma questa maggiore chiarezza imaginativa della visione si manifesta, come ha osservato il Sergi, anche quando si considerano gli oggetti non per le qualità, sibbene per il loro movimento. Per causa di siffatto predominio del senso rappresentativo della vista si comprende perchè le imagini mentali si riducano ad imagini ottiche, e perchè la visione diventi la sorgente più ricca e più feconda della nostra vita intellettuale. Ricordarsi, imaginare, pensare, è vedere internamente: onde nessuna meraviglia se nel lavorio delle attività del cervello non si faccia altro che tradurre in imagini visive ogni specie di sensazione. Si calcola, ad esempio, la lontananza di un suono, rappresentandoci con imagini ottiche lo spazio che circonda il nostro corpo; si assegna il luogo ad una sensazione di contatto, imaginando la forma della zona cutanea, in cui si dispiega lo stimolo, e raffiguriamo il movimento di un arto nella misura di una data distanza, non per la sua contrazione, ma per la sua forma colorata che si muove nello spazio.

I.

La riproduzione delle percezioni di movimento nello spazio visivo.

Finora però la psicologia desume la corrispondenza tra la figura reale e la figura imaginaria dall'analisi interiore, la quale ci dimostra che, fra tutte le imagini, quelle visive presentano maggiore somiglianza con la realtà e riproducono quindi meglio delle congeneri gli oggetti percepiti. Le prove sperimentali ci fanno difetto, e generalmente,

Digitized by Google

per la natura propria dei fenomeni psichici, non abbiamo trovato il mezzo di verificare in che modo ed in qual misura le nostre imagini visive corrispondano alle percezioni, o per meglio dire, non conosciamo quali siano i loro gradi di equivalenza. È vero che nella storia si registrano dei fatti, i quali non solo comprovano questa corrispondenza, ma, quel che è più, fan vedere obiettivamente come la imagine possa raggiungere la compiutezza dei particolari ed anche la persistenza della vera percezione: basti ricordare i casi meravigliosi di fanciulli matematici, che calcolano esattamente sui numeri quasi che li vedessero disegnati innanzi agli occhi; gli esempi non meno sorprendenti di alcuni giuocatori di scacchi, che sono capaci, ad occhi chiusi, di finire una partita rispecchiando nella loro visione interna tutti i possibili movimenti dei pezzi, come se innanzi a loro fosse spiegata la figura reale della scacchiera; ed i casi di alcuni disegnatori, che sono riusciti col solo aiuto delle imagini visive a riprodurre con perfetta identità i profili di una testa o di una persona. Talvolta, per così dire, si vince con l'imagine la stessa realtà obiettiva, e lo provano quei tali, che sarebbero in grado di abbracciare con l'occhio della mente un campo visivo più ampio di quello che sia possibile con l'occhio fisico. Ed il Galton in proposito riferisce l'esempio di un mineralogista, il quale poteva contemporaneamente osservare con l'imagine tutte le faccette di un cristallo. Ma questi fatti sono assai rari, e dalle eccezioni non si può dedurre una norma.

Io credo d'aver trovato il mezzo di verificare con l'esperimento i rapporti tra alcuni caratteri delle percezioni visive e le loro imagini, e presento a titolo di saggio al-

Digitized by Google

cuni risultati numerici, i quali varranno, non foss'altro, a dimostrare la possibilità di risolvere il problema per via sperimentale.

Supponiamo di guardare un mobile che percorra con velocità uniforme uno spazio determinato. Qui abbiamo un fenomeno percettivo, i cui elementi psicofisiologici ci rivelano che esso non è di natura semplice ed elementare come parrebbe a prima vista. Infatti, la percezione di un corpo in movimento è riposta in particolari modificazioni chimiche della retina, le quali traversano le vie del nervo ottico e dei centri intermedi sino ai gruppi della corteccia, accompagnandosi ad una quantità di sensazioni muscolari di vario grado che scaturiscono dagli apparecchi motori periferici: così, mettendo in funzione un numero grandissimo di elementi nervosi e completando il fenomeno con l'assegnargli un luogo al di fuori di noi, possiamo percepire il colore, la forma, le posizioni successive dell'oggetto nello spazio ottico. La figura visibile di un corpo adunque è costituita, secondo la fisiologia moderna, da una doppia serie di sensazioni parallele e continue, le une puramente retiniche e le altre derivanti in massima parte dalle piccole contrazioni dei muscoli dell'occhio, cui per esperienza od attitudine acquisita si associano come equivalenti le imagini tattili e motrici, che si formerebbero toccando con la mano i contorni dell'oggetto e seguendone, per opera di sensazioni muscolari di una durata più o meno lunga, i punti successivi che esso va acquistando nel campo visuale.

Ora, siffatta percezione di un corpo in movimento, che abbiamo veduto così complessa, noi possiamo senza grandi ostacoli rifare mentalmente: ciò importa, come fu accen-

Digitized by Google

nato di sopra, che nel processo riproduttivo debbansi trovare le medesime condizioni fisiopsicologiche della percezione esterna, poichè se l'estensione visibile si ha per un movimento reale unito ad una sensazione presente di colore, l'imagine correlativa si ha per un movimento ideale associato all'idea di colore.

Ma è possibile determinare con l'esperienza se l'oggetto della visione mentale, mettendo da parte la sua forma colorata, possieda la stessa velocità e percorra quindi lo stesso spazio dell'oggetto che si muove dinnanzi ai nostri occhi? Credo che l'esperienza sia possibile, anzi non offre alcuna difficoltà: ed ecco in che modo ho pensato di compierla.

Io guardo attentamente per qualche tempo una circonferenza, che è divisa in tante parti eguali ed ha un diametro della lunghezza di sei centimetri. Dentro di essa è posto un indice, che si muove con velocità costante: è un moto uniforme curvilineo di cui si conoscono le leggi.

Facciamo percorrere all'ago, per mezzo di un meccanismo elettro-magnetico, uno spazio circoscritto fra due punti della circonferenza, che indico coi nomi di *A* e *B*, e supponiamo che questo spazio, come è in realtà, equivalga esattamente ad un quarto della circonferenza, ossia ad un angolo di 90 gradi. Dopo che ho osservato il fenomeno fisico, mentalmente posso riprodurlo, e nel campo ideale vedo disegnarmisi la forma ed il colore oscuro dell'ago, la circonferenza, e vedo anche l'ago muoversi per quel dato spazio compreso fra i punti *A* e *B*. In questa visione interna, se le varie parti in cui è diviso il circolo mi appaiono vagamente figurate, il movimento dell'ago, lo spazio che esso deve percorrere con velocità uniforme

Digitized by Google

ed i punti di ritrovo, posseggono una chiarezza che a mio giudizio è identica alla realtà. E ciò posso verificare mediante un'esperienza semplicissima, la quale consiste nel mettere in movimento l'ago imaginario quando si muove l'ago reale, ed arrestare il primo in quel punto in cui si dovrebbe fermare il secondo.

L'esperienza va fatta ad occhi chiusi e nel silenzio più completo, poichè è già noto che l'allontanamento di qualsiasi percezione rende più agevole e più spedito il ravvivarsi dei fenomeni psichici. Appena nel quadro subiettivo, in cui sono racchiuse le imagini dell'ago, della circonferenza, e più specialmente del segmento di essa circoscritto dai punti *A* e *B*, avverto l'inizio del movimento, con la massima celerità tocco una molla, che per un meccanismo elettro-magnetico fa girare l'ago esterno, e quando l'indice imaginario raggiunge il punto *B* della visione mentale, interrompo con la stessa rapidità la corrente elettrica ed arresto il moto uniforme dell'indice reale. Così nello stesso tempo, o quasi nello stesso tempo, i due indici si muovono nei due spazii, ed alla fine della esperienza può constatarsi obiettivamente con la misura se e quanto il fenomeno riproduttivo corrisponda al fenomeno esterno. A rendere men difficile il computo, più che dallo spazio percorso deduco la misura dal tempo impiegato, poichè lo strumento, che mi servì nelle esperienze, è il cronoscopo già descritto.

Del resto è un fatto conosciutissimo che lo spazio si misura pel tempo ed il tempo per lo spazio, sia nelle valutazioni scientifiche che nei calcoli volgari. Dalle mie esperienze si desume anche la quantità del tempo puramente psichico, cioè la durata della percezione fantastica,

Digitized by Google

che può mettersi in confronto col tempo obiettivo, il quale è determinato dalla durata della percezione esterna ed in ispecie dall'elemento motore di essa. Aggiungo infine una circostanza, la quale credo sia degna di essere riferita, ed è che mentre con gli occhi chiusi io vedeva muoversi nello spazio mentale l'imagine dell'ago cronoscopico, avvertiva nel medesimo istante un certo sforzo di tensione nei muscoli oculari, che mi rendeva molto più facile la percezione fantastica del movimento. Infatti in quelle volte, in cui deliberatamente cercai di sopprimere o di attenuare questa specie di adattamento nell'innervazione dell'occhio, io ebbi quasi sempre imagini pallide di movimento, ed i punti di ritrovo dello spazio mi apparvero non ben chiari (1). Questo fenomeno varrebbe a confermare l'importanza che oggi si attribuisce alla parte motrice, non solo delle percezioni provocate da cause esteriori, ma delle percezioni, le quali hanno origine da eccitamenti interni del cervello.

Tutto quello che si è detto vale anche se l'ago, sempre con celerità costante, debba percorrere uno spazio doppio, cioè metà del circolo, o se debba percorrere la circonferenza intiera. Infatti ho potuto compiere altre serie di esperienze sulla riproduzione delle percezioni duplicando e quadruplicando lo spazio.

(1) Anche lo STRICKER con i suoi studi convalida ciò che ho osservato nelle mie esperienze.

Non è possibile (egli soggiunge) rappresentarsi alcun movimento o modificazione successiva del mondo esterno, quando non vi concorrano le sensazioni di molti muscoli: gli oggetti in questo caso sembrano quasi paralizzati. Così, se cerchiamo di sopprimere ogni sorgente di senso muscolare, par ferma l'imagine di una ruota che si muove.

STRICKER, *Studien über die Bewegungsvorstellungen*, Wien, 1882, p. 18.

Digitized by Google

E qui sarebbe il luogo opportuno di esporre i confronti sperimentali fra le percezioni di movimento e le imagini correlative e di studiarne i vari rapporti. Se non che il problema stesso, che m'era proposto di risolvere, apriva l'adito a nuove esperienze.

Una percezione di movimento nello spazio, come quella che formò oggetto delle presenti ricerche, può essere riprodotta per opera del senso muscolare, che ci fornisce la mano con le sue svariate movenze. Tutti oramai sanno quale sia il valore psicologico dei movimenti del nostro corpo e quale sorgente di notizie siano per sè stesse le sensazioni muscolari. Per la modalità propria di ciascun muscolo che agisce, per la direzione, l'intensità, la durata e lo sforzo della contrazione, noi possiamo costruire le idee fondamentali di spazio e tempo (1). A noi però qui importa notare che la celerità dell'ago cronoscopico e le diverse estensioni circolari possono essere riprodotte, facendo descrivere alla mano una serie successiva di movimenti nello spazio privo di resistenza, cioè nell'ambiente atmosferico. Con l'indice della mano destra e con velocità supposta eguale a quella dell'ago cronoscopico segno nell'aria delle linee curve, che equivalgono nelle loro proporzioni a date parti del circolo o al quadrante intero, secondo le esperienze. D'ordinario tengo gli occhi aperti e li rivolgo verso una delle pareti nude della camera, lasciando nello stesso tempo che la mano si muova

(1) Bain, *Les sens et l'intelligence*, Ch. III, § 2.
Taine, Op. c. T. II. L. II.
Maudsley, Op. c. p. 458.
Ribot, *Les mouvements et leur importance psychologique*. Revue philosophique, 1879, p. 371.

Digitized by Google

all'infuori del campo della visione diretta. Quasi sempre però dinnanzi agli occhi mi si presenta, sebbene pallida, l'imagine del quadrante, di guisa che con la mano ne posso seguire il contorno ideale. E tosto che incomincio il movimento con la mano destra, chiudo con la sinistra la corrente cronoscopica, la quale viene interrotta dalla stessa mano appena con l'altra raggiungo il limite di quella estensione, che deve essere riprodotta. Allora, come per le imagini visive, si può in linea diretta verificare in quale misura la riproduzione del movimento nello spazio, fatta prevalentemente per opera del senso muscolare, corrisponda alla realtà. Dico prevalentemente per opera del senso muscolare, perchè, come notai di sopra, in quasi tutte le esperienze io vedeva più o meno vagamente disegnarmisi dinnanzi l'imagine del quadrante cronoscopico: onde qui avremo da fare con sensazioni muscolari completate da residui di imagini visive.

È inutile soggiungere che tanto nelle esperienze con le imagini, quanto in quelle con le sensazioni muscolari, cercai di concentrare tutta l'attenzione possibile; e se durante qualche ricerca, per un rumore e per qualsiasi altra causa interna od esterna, mi accorsi di un certo divagamento dell'attenzione, non presi alcuna nota del risultato ottenuto. A far sì poi che il movimento della mano, con la quale doveva riprodurre il fenomeno percettivo, avvenisse nel medesimo istante, in cui con l'altra mano chiudevo il circuito elettrico che era in rapporto con l'indice del cronoscopo, tentai un grande numero di prove per acquistare, dirò così, l'adattamento meccanico necessariamente voluto dall'estrema delicatezza dell'esperienza. Le medesime prove ripetei per far coincidere i due mo-

Digitized by Google

menti, in cui una delle mani fermavasi al limite dello spazio già convenuto, mentre l'altra interrompeva per mezzo di una molla l'energia elettrica circolante nell'apparecchio cronometrico.

L'ordine poi col quale disposi le ricerche fu il seguente.

Anzitutto le esperienze, nel numero complessivo di 390, furono compiute in diversi giorni e sono divise in serie. Ciascuna serie comprende dieci esperienze con le imagini visive ed altrettante con le sensazioni muscolari: una sola ne abbraccia quindici. Ho cominciato dal fare prima molte ricerche di riproduzione del movimento sulla quarta parte della circonferenza, poi altre sopra la metà ed altre infine sulla circonferenza intiera. Indi ho ricominciato con lo stesso ordine sperimentando sempre per una medesima distanza con le imagini e le sensazioni muscolari, cioè a dire che se in un giorno studiava la riproduzione del movimento dell'ago in un quarto del quadrante con le semplici imagini, dopo qualche ora faceva seguire le ricerche con le sensazioni muscolari, e viceversa. I valori, come dissi, per maggiore facilità sono significati da numeri, che rappresentano per mezzo del tempo lo spazio percorso. L'indice del cronoscopo descrive un quarto della circonferenza in 2 secondi e 500 millesimi, metà della circonferenza in 5 secondi e quindi tutto il quadrante in 10 secondi.

Com'è naturale, le cifre numeriche ottenute nelle varie esperienze possono darci tre casi: o segnano esattamente lo spazio stabilito, o segnano uno spazio maggiore, o segnano uno spazio minore. Il primo caso non si presentò mai nelle mie ricerche; negli altri due casi, dai quali si deduce l'eccesso o il difetto nel riprodurre il movimento

Digitized by Google

e le varie estensioni, ho dato alle cifre corrispondenti il nome di *valori positivi* e *negativi*, che per brevità possono esprimersi coi segni + e —.

Ecco intanto due prospetti che racchiudono i valori positivi e negativi degli esperimenti.

IMAGINI VISIVE.

Spazio percorso nella circonferenza	N. delle esperienze delle varie serie	Valori positivi e negativi
= 1/4	65	33 + 32 —
= 1/2	65	35 + 0 —
= 1	65	30 + 35 —

SENSAZIONI MUSCOLARI.

Spazio percorso nella circonferenza	N. delle esperienze delle varie serie	Valori positivi e negativi
= 1/4	65	41 + 24 —
= 1/2	65	33 + 32 —
= 1	65	34 + 31 —

Digitized by Google

Da queste cifre si rileva un primo fatto, cioè che nella riproduzione, sia per mezzo di imagini, sia per mezzo di sensazioni muscolari, le possibilità positive e negative nel numero totale delle esperienze sono quasi le stesse. O in altre parole, la riproduzione del movimento e dello spazio in date serie di ricerche sopra $^1/_4$, $^1/_2$ o tutta la circonferenza cronoscopica, presenta eguali rapporti nel numero degli esperimenti segnati in + ed in quelli segnati in —. Se per *n* volte la riproduzione oltrepassa il punto di ritrovo delle varie distanze spaziali, per altrettante *n* volte non lo raggiunge. Fanno soltanto eccezione le esperienze sopra $^1/_4$ del circolo compiute coi movimenti della mano, poichè il numero dei valori positivi (41) supera quasi del doppio quello dei negativi (24). Il fenomeno per me ha un significato notevole e può interpretarsi ricercandone le cause nella coordinazione muscolare necessaria ad eseguire il movimento curvilineo in uno spazio così piccolo. Per la brevità e la forma della linea da un lato, e dall'altro per lo sforzo e la necessaria rapidità delle molteplici contrazioni muscolari, il braccio muovendosi nell'aria più facilmente tende a sopravanzare l'estremo limite della quarta parte del circolo: ciò non succede quando, ad es., si vuol descrivere il semicerchio correlativo. Ma negli esperimenti sopra la metà del circolo o sul quadrante intero, l'eguaglianza nel rapporto numerico si avvera dello stesso modo come per gli esperimenti con le imagini visive.

A questo punto mi toccherebbe riferire nella loro integrità le singole cifre delle diverse serie di ricerche; ma per non intralciare di soverchio l'esposizione, io credo si

Digitized by Google

possa ottenere lo stesso scopo col raccogliere la cifra massima e la cifra minima di ciascuna serie di esperienze con le imagini visive e con le sensazioni muscolari, sia nei loro valori positivi che in quelli negativi. A siffatte cifre numeriche, che rappresentano secondi e millesimi di minuto secondo, vanno messe di riscontro le cifre che io chiamo *valori reali tipici*, ossia gli equivalenti effettivi dei vari spazi percorsi, e vanno aggiunte le differenze in + e in — dai valori reali tipici. Le differenze dei valori ottenuti dai valori tipici corrispondono agli *errori della riproduzione* (1).

(1) Nella 6ª serie delle riproduzioni con imagini visive non si ebbe che un solo valore negativo; e nella 4ª serie delle riproduzioni con sensazioni muscolari non si ottennero che soli valori positivi. Nell'uno e nell'altro caso per lo spazio = 1/4.

Digitized by Google

I.

Riproduzione con le imagini visive.

SERIE delle ESPERIENZE		Valore reale tipico 2″500 Spazio percorso = 1/4		Valore reale tipico 5″000 Spazio percorso = 1/2		Valore reale tipico 10″000 Spazio percorso = 1	
		Valori ottenuti	Differenze	Valori ottenuti	Differenze	Valori ottenuti	Differenze
		a) *Valori positivi.*					
1ª Serie	Mass.	2.791	+ 0.291	5.514	+ 0.514	11.255	+ 1.255
	Min.	2.515	+ 0.015	5.073	+ 0.073	10.103	+ 0.103
2ª Serie	Mass.	2.724	+ 0.224	5.620	+ 0.620	11.410	+ 1.410
	Min.	2.526	+ 0.026	5.081	+ 0.081	10.240	+ 0.240
3ª Serie	Mass.	2.546	+ 0.046	5.507	+ 0.507	10.919	+ 0.919
	Min.	2.503	+ 0.003	5.115	+ 0.115	10.195	+ 0.195
4ª Serie	Mass.	2.652	+ 0.152	5.750	+ 0.750	10.821	+ 0.821
	Min.	2.507	+ 0.007	5.148	+ 0.148	10.074	+ 0.074
5ª Serie	Mass.	2.986	+ 0.486	5.596	+ 0.596	10.781	+ 0.781
	Min.	2.576	+ 0.076	5.250	+ 0.250	10.335	+ 0.335
6ª Serie	Mass.	2.980	+ 0.480	5.602	+ 0.602	10.903	+ 0.903
	Min.	2.504	+ 0.004	5.040	+ 0.040	10.048	+ 0.048

Digitized by Google

II.

Riproduzione con le imagini visive.

SERIE delle ESPERIENZE		Valore reale tipico 2″ 500 Spazio percorso = 1/4		Valore reale tipico 5″ 000 Spazio percorso = 1/2		Valore reale tipico 10″ 000 Spazio percorso = 1	
		Valori ottenuti	Differenze	Valori ottenuti	Differenze	Valori ottenuti	Differenze
				b) *Valori negativi.*			
1ª Serie	Mass.	2.146	— 0.354	4.503	— 0.497	9.334	— 0.666
	Min.	2.426	— 0.074	4.817	— 0.183	9.707	— 0.293
2ª Serie	Mass.	2.253	— 0.247	4.711	— 0.289	8.686	— 1.314
	Min.	2.487	— 0.013	4.920	— 0.080	9.850	— 0.150
3ª Serie	Mass.	2.219	— 0.281	4.741	— 0.259	9.092	— 0.908
	Min.	2.478	— 0.022	4.922	— 0.078	9.679	— 0.321
4ª Serie	Mass.	2.027	— 0.473	4.603	— 0.327	8.799	— 1.201
	Min.	2.494	— 0.006	4.975	— 0.025	9.740	— 0.260
5ª Serie	Mass.	2.303	— 0.197	4.397	— 0.603	8.630	— 1.370
	Min.	2.477	— 0.023	4.894	— 0.106	9.984	— 0.016
6ª Serie	Mass.	2.287	— 0.213	4.511	— 0.489	8.960	— 1.040
	Min.	—	—	4.901	— 0.099	9.609	— 0.391

Digitized by Google

I.

Riproduzione con le sensazioni muscolari.

SERIE delle ESPERIENZE		Valore reale tipico 2″ 500 Spazio percorso = 1/4		Valore reale tipico 5″ 000 Spazio percorso = 1/2		Valore reale tipico 10″ 000 Spazio percorso = 1	
		Valori ottenuti	Differenze	Valori ottenuti	Differenze	Valori ottenuti	Differenze
				a) Valori positivi.			
1ª Serie	Mass.	2.670	+ 0.170	5.313	+ 0.313	10.915	+ 0.915
	Min.	2.544	+ 0.044	5.152	+ 0.152	10.026	+ 0.026
2ª Serie	Mass.	2.629	+ 0.129	5.332	+ 0.332	10.940	+ 0.940
	Min.	2.581	+ 0.081	5.054	+ 0.054	10.222	+ 0.222
3ª Serie	Mass.	2.650	+ 0.150	5.360	+ 0.360	10.866	+ 0.866
	Min.	2.512	+ 0.012	5.007	+ 0.007	10.090	+ 0.090
4ª Serie	Mass.	2.772	+ 0.272	5.443	+ 0.443	10.719	+ 0.719
	Min.	2.517	+ 0.017	5.082	+ 0.082	10.064	+ 0.064
5ª Serie	Mass.	2.839	+ 0.339	5.357	+ 0.357	10.687	+ 0.687
	Min.	2.510	+ 0.010	5.004	+ 0.004	10.207	+ 0.207
6ª Serie	Mass.	2.748	+ 0.248	5.427	+ 0.427	10.760	+ 0.760
	Min.	2.513	+ 0.013	5.130	+ 0.130	10.055	+ 0.055

Digitized by Google

II.

Riproduzione con le sensazioni muscolari.

SERIE delle ESPERIENZE	Valore reale tipico 2″ 500 Spazio percorso = 1/4		Valore reale tipico 5″ 000 Spazio percorso = 1/2		Valore reale tipico 10″ 000 Spazio percorso = 1	
	Valori ottenuti	Differenze	Valori ottenuti	Differenze	Valori ottenuti	Differenze
b) *Valori negativi.*						
1ª Serie Mass.	2.310	— 0.190	4.590	— 0.410	9.452	— 0.548
1ª Serie Min.	2.484	— 0.016	4.988	— 0.012	9.684	— 0.316
2ª Serie Mass.	2.302	— 0.198	4.669	— 0.331	9.412	— 0.588
2ª Serie Min.	2.480	— 0.020	4.981	— 0.019	9.802	— 0.198
3ª Serie Mass.	2.335	— 0.165	4.856	— 0.144	9.149	— 0.851
3ª Serie Min.	2.453	— 0.017	4.968	— 0.032	9.845	— 0.155
4ª Serie Mass.	—	—	4.803	— 0.197	8.934	— 1.066
4ª Serie Min.	—	—	4.952	— 0.048	9.945	— 0.055
5ª Serie Mass.	2.396	— 0.104	4.576	— 0.424	9.075	— 0.925
5ª Serie Min.	2.469	— 0.031	4.930	— 0.070	9.973	— 0.027
6ª Serie Mass.	2.309	— 0.191	4.539	— 0.461	9.215	— 0.785
6ª Serie Min.	2.412	— 0.038	4.880	— 0.120	9.888	— 0.112

Digitized by Google

Se dalle varie serie corrispondenti ai valori tipici reali di $^1/_4$, di $^1/_2$ e della circonferenza intera componiamo la media delle cifre massime dei valori positivi da una parte, e quella delle cifre minime dei medesimi valori dall'altra, ed applichiamo lo stesso processo alle massime ed alle minime dei valori negativi, ci sarà facile trovare una legge, che ha un significato rilevantissimo.

Riproduzione con le imagini visive.

Valore reale tipico: 2.500 Spazio percorso = 1/4		Valore reale tipico: 5.000 Spazio percorso = 1/2		Valore reale tipico: 10.000 Spazio percorso = 1	
Media	Differenza	Media	Differenza	Media	Differenza
Valori positivi.					
Mass. 2.794	in + 0.294	Mass. 5.598	in + 0.598	Mass. 11.015	in + 1.015
Min. 2.522	in + 0.022	Min. 5.118	in + 0.118	Min. 10.166	in + 0.166
Valori negativi.					
Mass. 2.220	in − 0.280	Mass. 4.578	in − 0.422	Mass. 8.917	in − 1.083
Min. 2.472	in − 0.028	Min. 4.905	in − 0.095	Min. 9.762	in − 0.238

Digitized by Google

Riproduzione con le sensazioni muscolari.

Valore reale tipico: 2.500		Valore reale tipico: 5.000		Valore reale tipico: 10.000	
Spazio percorso = 1/4		Spazio percorso = 1/2		Spazio percorso = 1	
Media	Differenza	Media	Differenza	Media	Differenza
Valori positivi.					
Mass. 2.718	in + 0.218	Mass. 5.372	in + 0.372	Mass. 10.814	in + 0.814
Min. 2.529	in + 0.029	Min. 5.071	in + 0.071	Min. 10.110	in + 0 110
Valori negativi.					
Mass. 2.331	in — 0.169	Mass. 4.672	in — 0 328	Mass. 9.206	in — 0.794
Min. 2.460	in — 0.040	Min. 4.950	in — 0.050	Min. 9.856	in — 0.144

Queste due tavole dimostrano a chiare note che nella riproduzione del movimento, fatta con le imagini e con le sensazioni muscolari, esiste una proporzione crescente nei valori positivi e negativi in rapporto agli spazi percorsi.

Se ad uno spazio reale a corrisponde un errore di riproduzione $\pm x$, ad uno spazio doppio corrisponde un errore di circa il doppio di x, tanto nell'aspetto positivo che nell'aspetto negativo. Lo stesso dicasi per uno spazio quattro volte più grande di a, nel quale l'errore sarà di circa $\pm 4x$. In altre parole, nelle condizioni sperimentali descritte, *gli errori di riproduzione stanno in ragione degli spazi.*

E se alle medie delle tavole antecedenti sostituiamo delle

Digitized by Google

cifre proporzionate a 100, la corrispondenza di cui abbiamo or ora parlato apparirà con maggiore chiarezza.

Infatti:

		Spazio percorso = 1/4	Spazio percorso = 1/2	Spazio percorso = 1
Riproduzione con le imagini visive	Valori positivi	Mass. 100 :	Mass. 200 :	Mass. 394
		Min. 100 :	Min. 202 :	Min. 402
	Valori negativi	Mass. 100 :	Mass. 206 :	Mass. 401
		Min. 100 :	Min. 198 :	Min. 394
Riproduzione con le sensazioni muscolari	Valori positivi	Mass. 100 :	Mass. 210 :	Mass. 397
		Min. 100 :	Min. 200 :	Min. 399
	Valori negativi	Mass. 100 :	Mass. 200 :	Mass. 394
		Min 100 :	Min. 201 :	Min. 400

La stessa legge proporzionale risulta anche dalle medie ricavate dalla somma generale delle singole ricerche di riproduzione. Raccogliendo separatamente tra le esperienze compiute con le imagini tutti i valori positivi e negativi per ciascuna delle tre grandezze spaziali, e facendo altrettanto nelle esperienze col senso muscolare, noi componiamo le *medie generali*, che sono positive o negative secondo che lo spazio, e per esso il tempo impiegato, sia maggiore o minore dello spazio tipico, che avrebbero dovuto percor-

Digitized by Google

rere l'ago imaginario ed il movimento della mano. Alle cifre effettive così ottenute possiamo sostituire le cifre proporzionate a 100.

		Cifre effettive			Cifre proporzionate a 100
		Spazio = 1/4	Spazio = 1/2	Spazio = 1	
Riproduzione con le imagini visive	**Medie positive**	2.688	5.364	10.515	**100 : 199 : 391**
	Differ. in +	0.188	0.334	0.515	
	Medie negative	2.356	4.761	9.416	**100 : 202 : 399**
	Differ. in —	0.144	0.239	0.584	
Riproduzione con le sensazioni muscolari	**Medie positive**	2.620	5.200	10.436	**100 : 198 : 398**
	Differ. in +	0.120	0.200	0.436	
	Medie negative	2.338	4.827	9.590	**100 : 203 : 401**
	Differ. in —	0.112	0.173	0.410	

Oltre alla conferma della legge di proporzione poc'anzi notata, queste cifre dimostrano ancora altri fatti non meno importanti.

Noi vediamo in primo luogo che, considerando la quantità dell'errore, le medie negative delle esperienze con le imagini e delle esperienze con le sensazioni muscolari, confrontate alle rispettive medie positive, hanno nei di-

Digitized by Google

versi spazi una cifra numericamente inferiore. Così, per recare un esempio, fatta astrazione del segno + e —, la cifra 0.144, che rappresenta la media degli errori negativi nella riproduzione imaginaria del movimento in $^1/_4$ della circonferenza, è quantitativamente minore di 0.188, che rappresenta la media degli errori positivi per la riproduzione di spazio eguale. Lo stesso avviene, ad eccezione di una sola, per tutte le altre cifre.

Il fenomeno, a nostro avviso, va espresso nel modo che segue. Dato un corpo in movimento, il quale percorra con celerità costante le varie distanze della nostra circonferenza, se l'estensione costruita con le imagini e col senso muscolare può essere indifferentemente tanto positiva quanto negativa rispetto all'estensione reale, pure in quelle esperienze, in cui si oltrepassa il limite stabilito, noi troviamo che generalmente l'eccesso sullo spazio reale è più grande del difetto, che si riscontra nelle altre esperienze, in cui questo limite non viene raggiunto. Sommando poi gli errori di tutti gli esperimenti, noi troviamo che la somma positiva o degli errori in più supera la negativa: la qual cosa significa che nel riprodurre le percezioni esterne di movimento, le quali abbiano durate così piccole e circoscrivano degli spazi curvilinei come quelli segnati dal nostro quadrante, v'è tendenza a prolungare anzi che ad abbreviare il fenomeno percettivo.

Inoltre, dalle medie sopra raccolte, risulterebbe un altro fatto notevole. Tutte le cifre medie, sia positive che negative, ottenute col senso muscolare, che è, come già avvertimmo, accompagnato sempre da imagini visive, sono minori delle loro congeneri ottenute con le sole imagini. Il che vuol dire che per opera del senso muscolare, cui

Digitized by Google

si è aggiunta la memoria visiva, le percezioni esterne di movimento son riprodotte con maggiore e con più costante esattezza di quella che ci possa fornire la semplice visione mentale.

Tali sarebbero, per sommi capi, i postulati delle esperienze compiute sulla riproduzione percettiva di un corpo che si muove in segmenti di spazio piccolissimi.

Ma con le sole imagini ottiche ho voluto fare altre ricerche sopra uno spazio maggiore, e propriamente sul doppio della circonferenza. L'ago partendo da O ritorna al medesimo punto dopo aver percorso due volte l'estensione circolare.

Or bene, nel numero totale delle esperienze, che divise in dieci serie sommano a cento, le possibilità negative superano di gran lunga le positive, le quali stanno alle prime come **100: 245.**

Questo primo risultato indica già che nel costruire mentalmente con le imagini lo spazio, su cui l'ago, muovendosi con velocità uniforme impiega 20 secondi, la riproduzione nel maggior numero delle volte è cronologicamente più piccola della percezione esterna.

Componiamo due prospetti, nei quali sono raccolte le cifre massima e minima di ciascuna serie di esperienze nei loro valori positivi e negativi, mettiamo di riscontro il valore reale tipico ossia l'equivalente dello spazio percorso, e notiamone la differenza in + e in — o gli errori di riproduzione.

Digitized by Google

A) Valori positivi { Valore reale tipico 20".000
Spazio percorso = 2

1ª SERIE	Mass. 20.911 Min. 20.357	Differenza od errore	+ 0.911 + 0.357	Numero dei valori	2
2ª SERIE	Mass. 21.648 Min. 20.290	»	+ 1.648 + 0.290	»	6
3ª SERIE	Mass. 20.611 Min. 20.365	»	+ 0.611 + 0.365	»	3
4ª SERIE	Mass. 20.690 Min. 20.175	»	+ 0.690 + 0.175	»	4
5ª SERIE	Mass. 20.775 Min. 20.013	»	+ 0.775 + 0.013	»	4
6ª SERIE	Mass. 20.610 Min. 20.001	»	+ 0.610 + 0.001	»	3
7ª SERIE	Mass. 20.199 Min. 20.128	»	+ 0.199 + 0.128	»	3
8ª SERIE	Mass. 20.633 Min. 20.149	«	+ 0.633 + 0.149	»	3
9ª SERIE	Mass. 20.290 Min. —	»	+ 0.290 —	»	1
10ª SERIE	Mass. 21.086 Min. 20.295	»	+ 1.086 + 0.295	»	3

Digitized by Google

B) Valori negativi { Valore reale tipico 20".000
Spazio percorso = 2

1ª SERIE	Mass. 17.403 Min. 19.860	Differenza o errore	— 2.597 — 0.140	Numero dei valori	8
2ª SERIE	Mass. 19.141 Min. 19.922	»	— 0.859 — 0.078	»	4
3ª SERIE	Mass. 18.726 Min. 19.955	»	— 1.274 — 0.045	»	7
4ª SERIE	Mass. 18.090 Min. 19.844	»	— 1.910 — 0.156	»	6
5ª SERIE	Mass. 17.417 Min. 19.860	»	— 2.583 — 0.140	»	6
6ª SERIE	Mass. 18.240 Min. 19.713	»	— 1.760 — 0.287	»	7
7ª SERIE	Mass. 17.644 Min. 19.985	»	— 2.356 — 0.015	»	8
8ª SERIE	Mass. 17.893 Min. 19.663	»	— 2.107 — 0.337	»	8
9ª SERIE	Mass. 17.565 Min. 19.356	»	— 2.435 — 0.644	»	9
10ª SERIE	Mass. 16.920 Min. 19.801	»	— 3.080 — 0.199	»	8

Digitized by Google

Se poi dalla somma generale di tutti i valori positivi ricaviamo la media aritmetica, e facciamo lo stesso con i valori negativi, otterremo due medie, delle quali, secondo che lo spazio percorso e per esso il tempo impiegato è maggiore o minore dello spazio tipico, l'una segnerà l'errore di riproduzione in + e l'altra in —.

		Errore di riproduzione
Media generale positiva	20.488	+ 0.488
Media generale negativa	19.059	— 0.941

A prima giunta si può osservare che l'errore di riproduzione nel senso negativo supera quasi del doppio l'errore positivo: avviene cioè un fenomeno contrario a quello già notato nelle indagini sopra estensioni spaziali più piccole. Non solo, come s'è visto, la maggior quantità degli esperimenti nel costruire lo spazio circolare del quadrante percorso due volte da un corpo in movimento è negativa, ossia non raggiunge il limite convenuto, ma il difetto sullo spazio reale sopravanza numericamente l'eccesso delle esperienze positive, in cui il limite fu oltrepassato. In altre parole: se v'è tendenza a prolungare anzi che ad abbreviare il fenomeno obiettivo, allora quando si riproducono con imagini ottiche percezioni di movimento che hanno durate non più grandi di 10 secondi e abbracciano spazi curvilinei non più estesi della circonferenza da noi tolta a modello; per contrario, quando lo spazio da percorrere aumenta notevolmente e per esso il tempo che ne è la funzione, troviamo che in maniera decisa si tende ad abbreviare, e si abbrevia col fatto, la percezione esterna.

Digitized by Google

II.

La riproduzione delle percezioni di movimento nello spazio tattile.

Mi propongo ora di indagare i rapporti di tempo che passano tra le percezioni di semplice contatto, determinate dal movimento di un corpo sopra alcune zone del nostro campo cutaneo, e la loro riproduzione consecutiva. Il problema, come si vede, è analogo al precedente.

Se facciamo scorrere leggermente ed in modo continuo ed uniforme un corpo sopra un tratto di superficie della nostra pelle, si ha una percezione tattile di movimento, che è varia a seconda della celerità con cui si muove quel corpo. Ripetendo l'esperienza parecchie volte, noi siamo in grado di riprodurre mentalmente la percezione e di attribuire ad essa quel tempo, che, a nostro giudizio, corrisponderebbe alla percezione reale. Se non che, come ho già avvertito, la riproduzione della percezione tattile non è mai completa, cioè non avviene per sè sola, e specialmente in questo caso, in cui all'eccitamento dell'oggetto esterno si aggiunge un altro fattore essenzialissimo che è il movimento. L'imagine ottica quindi deve avere la sua gran parte e deve completare la riproduzione della percezione di movimento nello spazio cutaneo: infatti non possiamo rinnovare il solo fenomeno percettivo di contatto senza corredarlo ed accompagnarlo di alcuni particolari visivi, ossia senza imaginare la forma della zona

Digitized by Google

tattile sopra cui si muove l'oggetto esterno, e la forma ed il colore dell'oggetto medesimo nell'atto del movimento. Ciò dipende dal perchè l'esperienza ripetuta ed ereditata a traverso le vicende del tempo ci ha abituati, per un processo di associazione oramai divenuto organico, a rendere le imagini visive quasi equivalenti delle imagini tattili e muscolari. Da ciò deriva anche la complessità del fenomeno psicologico, che a prima giunta, e per chi non si è mai dato il pensiero di considerare la meravigliosa complicazione del meccanismo mentale, può sembrare semplicissimo.

Io cercai dapprima di trovare un congegno, col quale potessi far muovere a diverse celerità e sopra determinate estensioni dell'organo tattile un corpo leggiero, in modo che all'inizio e alla fine del movimento si dovesse chiudere un circuito elettrico in corrispondenza con l'apparecchio cronometrico. Ma le difficoltà sperimentali non erano lievi: ond'io, invece di ricorrere ad un congegno esterno, stimai convenevole adoperare il movimento della mano destra, con la quale sopra una zona cutanea del lato sinistro, circoscritta fra dati confini, si fa scorrere un pennello che provoca un leggiero contatto. L'apparecchio registratore del tempo segna l'istante, in cui il pennello tocca la cute e l'istante in cui, compiuto il movimento, cessa la percezione di contatto. La velocità con la quale si muove lo strumento eccitatore dipende naturalmente dalla volontà di chi sperimenta.

Le ricerche furono fatte, a periodi irregolari, sopra di me stesso; e scelsi come luoghi di eccitamento della mano sinistra i tratti seguenti:

1.° il dorso della mano, dall'articolazione carpo-metacarpea fin presso al capitello del metacarpo del medio;

Digitized by Google

2.° tutto il lato volare del dito medio;

3.° la superficie dorsale della seconda falange del medio;

4.° la superficie volare della seconda e terza falange dello stesso dito.

Il pennello toccava una di queste zone con una data ed uniforme velocità, e finita l'eccitazione io doveva riprodurre la percezione di movimento nello spazio cutaneo designato, chiudendo ed interrompendo con la mano destra il circuito cronometrico appena nel campo subiettivo mi si fossero chiaramente delineati l'inizio e la fine del movimento di contatto. È necessario però avvertire che per essere sicuro della uniformità del movimento nelle diverse serie sperimentali e per rendere anche più facile l'atto riproduttivo, ossia la rinascita cerebrale della percezione, ripetei per diverse volte le prove: anzi feci un numero di esperimenti col pennello eguale al numero delle esperienze con le imagini mnemoniche. Così di ciascuna delle percezioni reali notai la durata, e dalla somma di esse ricavai la media per confrontarla, come tipo di paragone, alla media che avrei ottenuto dalle esperienze di riproduzione. Ed in tal modo si vedrà come si comporti, rispetto al tempo, una serie successiva di movimenti eseguiti con la mano sopra l'organo del senso cutaneo, ed una serie successiva di movimenti ideali raffiguranti la durata di una percezione tattile, e quale sia poi nell'una e nell'altra serie la variazione od errore medio che dir si voglia.

Scorrendo adunque col pennello sopra un tratto cutaneo qualsiasi e con velocità eguale per un certo numero di volte, noi, come dissi, possiamo riprodurre la percezione,

Digitized by Google

quasi della stessa maniera come si riproduce una percezione di movimento nel campo visivo. La differenza fra queste e le prime esperienze consiste in ciò, che nel fatto della riproduzione del movimento percepito con la vista il fenomeno ha luogo nello spazio fuori di noi, ne sono interessati gli elementi retinici e la celerità del mobile sta da sè ed è estrinseca all'organismo, in quanto che il mobile percorre le varie estensioni per mezzo di un congegno meccanico, che non è la mano stessa dell'osservatore e conserva una velocità assolutamente costante; nel fatto invece della riproduzione del movimento di un oggetto che eccita la sensibilità cutanea, il fenomeno avviene nel campo periferico dello stesso organismo, ne sono interessati i corpuscoli nervosi del tatto e la celerità del mobile (la quale è quasi costante solamente nelle esperienze che compongono una serie) dipende da condizioni intrinseche, in quanto che è la mano che la determina. Queste differenze, che paiono piccole, hanno un'importanza notevolissima e possono servire a darci ragione dei risultati che ricaveremo dai nostri esperimenti.

Vediamo intanto di conoscere meglio il meccanismo della riproduzione di una percezione nello spazio tattile, come quella che formò oggetto delle presenti indagini.

Innanzi tutto, nell'imaginare mentalmente la percezione di movimento avvenuta, supponiamo il caso, nel dorso della mano sinistra, io devo rievocare la memoria di quel complesso di sensazioni muscolari, di natura e di durata speciali, che furon prodotte dal braccio destro nell'imprimere allo strumento eccitatore del senso tattile una data velocità. È impossibile che siffatte imagini non si presentino alla coscienza, altrimenti sarebbe impossibile raffigu-

Digitized by Google

rare il movimento. A queste devo aggiungere un altro gruppo, dirò così, mnemonico di sensazioni muscolari e tattili, per le quali io ho potuto determinare l'estensione localizzata della superficie cutanea, che è percorsa dal corpo in movimento, e gli attributi qualitativi dell'eccitamento: infatti una quantità quasi inavvertita di sensazioni muscolari più o meno lunghe e più o meno brevi nella loro durata, che scaturiscono d'ordinario dai movimenti dei muscoli dell'occhio e degli arti superiori, accoppiate e confuse a speciali sensazioni, che formano la parte fondamentale del fenomeno percettivo da noi preso in esame e che dipendono dallo stimolo meccanico degli organi nervosi tattili, son quelle che ci fanno avvertire la durata e la natura dell'eccitamento ed i limiti cutanei entro i quali va riferita la percezione. E non basta. A questo giudizio va connessa intimamente una serie di imagini visive, che hanno, come si sa, grande importanza in tutta la vita rappresentativa. Nel riprodurre la percezione di movimento nello spazio tattile noi abbiamo una specie di visione interiore: si vede cioè muovere il braccio che produce il movimento di contatto, e si raffigura nello stesso tempo il luogo, la estensione e la forma colorata dell'organo eccitato.

Tutte le varie imagini tattili, muscolari e visive, che ho cennato di volo, si mescolano e si confondono insieme, e solo l'analisi fisio-psicologica può separare ciò che per abitudini accumulate e connessioni mentali ripetute costituisce il meccanismo apparentemente semplice del riprodursi delle percezioni simili a quelle da me studiate.

Varie serie di esperienze ho compiuto sopra ciascuno

Digitized by Google

dei quattro segmenti cutanei, ed in modo particolare, dopo avere raccolto i fatti, ho posto maggiore attenzione sulle esperienze che si riferiscono al dorso della mano e al lato volare del dito medio, poichè ambedue queste regioni sono comprese dentro limiti egualmente fra loro distanti (1). Ciascuna serie è composta di dieci esperienze per la durata del movimento tattile e di altrettante per la durata della riproduzione. Le varie serie, nella massima parte, sono state eseguite in giorni diversi, e perciò indipendentemente fra di esse. Talvolta mi occorse di fare delle ricerche in due zone cutanee differenti, a breve intervallo le une dalle altre: la qual cosa devo notare sin da ora, perchè si vedranno in seguito delle anomalie nel fenomeno della riproduzione mentale spiegabili soltanto con l'ammettere l'influenza che un complesso di ricerche antecedenti può esercitare sulle ricerche consecutive.

Comincio prima di tutto dagli esperimenti sul dorso della mano e sul lato palmare del medio. E per renderne più facile lo studio, tralascio di riferire le singole cifre numeriche, limitandomi a rappresentare nei loro valori medi la durata e l'errore o variazione del movimento tattile nelle diverse serie, e la durata di riproduzione con l'errore correlativo.

(1) La lunghezza delle due regioni è di 70 millimetri.

Digitized by Google

Dorso della mano.

SERIE delle ESPERIENZE	DURATA del movimento tattile	ERRORE medio del movimento	DURATA della riproduzione	ERRORE medio della riproduzione
1ª Serie	0.973	± 0.043	1.238	± 0.067
2ª Serie	0.852	± 0.031	1.078	± 0.064
3ª Serie	0.824	± 0.035	1.051	± 0.047
4ª Serie	0.636	± 0.019	0.901	± 0.083
5ª Serie	0.655	± 0.023	0.855	± 0.038
6ª Serie	0.633	± 0.024	0.897	± 0.053
7ª Serie	0.570	± 0.026	0.759	± 0.035
8ª Serie	0.580	± 0.023	0.775	± 0.033

Digitized by Google

Superficie palmare del dito medio.

SERIE delle ESPERIENZE	DURATA del movimento tattile	ERRORE medio del movimento	DURATA della riproduzione	ERRORE medio della riproduzione
1ª Serie	0.931	± 0.036	1.115	± 0.093
2ª Serie	0.757	± 0.021	0.892	± 0 047
3ª Serie	0.662	± 0 024	0.807	± 0.057
4ª Serie	0.638	± 0.033	0.797	± 0.044
5ª Serie	0.678	± 0.024	0.854	± 0.059
6ª Serie	0.653	± 0 019	0.801	± 0.032
7ª Serie	0.524	± 0.014	0.675	± 0.030
8ª Serie	0.584	± 0.019	0.725	± 0.026

Da queste tavole, a mio avviso, si possono ricavare alcune conseguenze degne di rilievo.

In primo luogo (ed è questo il risultato di massimo interesse) le durate medie di riproduzione del movimento nello spazio tattile, tanto al dorso della mano che alla superficie volare del medio, sono sempre più alte delle durate medie delle percezioni o movimenti reali corrispondenti. Ossia, l'atto psichico, col quale si rappresenta

Digitized by Google

sotto forma d'imagini il complesso di fenomeni determinato dal movimento di contatto sopra una data zona cutanea, impiega a prodursi un tempo maggiore di quello che impiegò il movimento reale percepito. Se per l'analisi ingannevole dell'introspezione la memoria occuperebbe una durata eguale a quella della percezione esterna del movimento tattile, alla stregua più sicura dell'esperienza dimostrerebbe un risultato assai ben diverso.

In secondo luogo le variazioni od errori medii presentano pure il medesimo carattere, cioè hanno un valore numerico più alto, sebbene in proporzioni non eguali, nelle cifre che simboleggiano le esperienze di riproduzione mentale.

In terzo luogo, ponendo attento riguardo ai risultati, si può intravedere un fenomeno notevolissimo di studio, ed è che il tempo di riproduzione, in quantità relativa, aumenta a misura che diviene più celere il movimento con cui lo stimolo tattile percorre la zona cutanea sia del dorso della mano che della superficie volare del dito medio. In altre parole: l'errore di riproduzione si fa più grande, se diventa più piccolo il tempo che il corpo eccitatore impiega a percorrere la medesima estensione dell'organo sensibile. Questo carattere si manifesta con maggiore evidenza proporzionando a cento le cifre, che simboleggiano le durate del movimento nello spazio tattile e i tempi della riproduzione mentale.

Infatti, sul dorso della mano abbiamo:

Digitized by Google

SERIE	1ª	0.978	:	1.238	=	100	:	126
	2ª	0.852	:	1.078	=	100	:	126
	3ª	0.824	:	1.051	=	100	:	127
	4ª	0.683	:	0.901	=	100	:	131
	5ª	0.655	:	0.855	=	100	:	130
	6ª	0 633	:	0.897	=	100	:	141
	7ª	0.570	:	0.759	=	100	:	133
	8ª	0.580	:	0.755	=	100	:	133

E per la superficie palmare del dito medio troviamo:

SERIE	1ª	0.931	:	1 115	=	100	:	119
	2ª	0.757	:	0.892	=	100	:	117
	3ª	0.662	:	0.807	=	100	:	121
	4ª	0.638	:	0.797	=	100	:	124
	5ª	0.678	:	0.854	=	100	:	126
	6ª	0.653	:	0.801	=	100	:	122
	7ª	0.524	:	0.675	=	100	:	128
	8ª	0.584	:	0 725	=	100	:	124

Certamente non deve nè può pretendersi che le cifre esprimano con matematica uniformità e precisione il carattere che intendiamo rilevare: basti solo il riflettere che noi siamo in presenza dei fenomeni più alti della biologia, e che le possibili oscillazioni numeriche derivano appunto dalla estrema complessità inerente ad ogni atto mentale, anche a quello che sembra semplicissimo.

Ma oltre a ciò, dai due prospetti, in cui le cifre sono proporzionate a cento, si deduce un altro fatto ancor esso notevole.

Digitized by Google

Se consideriamo quei numeri quasi identici, con i quali sono espresse in alcune serie le durate medie del movimento negli spazi tattili del dorso della mano e del dito, e li compariamo alle durate rispettive di riproduzione, troveremo che sempre i tempi di riproduzione appartenenti al dito, qualunque sia la velocità del movimento eccitatore, sono più brevi di quelli ottenuti dopo lo stimolo fatto sul dorso della mano.

Ed eccone la prova:

Dorso della mano.			**Superficie palmare del dito.**		
Percezione	Riproduzione	Rapporto a 100	Percezione	Riproduzione	Rapporto a 100
0.686	0.901	100 : 131	0.678	0.854	100 : 126
0.655	0.855	100 : 130	0.653	0.801	100 : 122
0.633	0.897	100 : 141	0.638	0.797	100 : 124
0.580	0.755	100 : 133	0.584	0.725	100 : 124

Se vogliamo spingere oltre il nostro esame, basta mettere a riscontro i tempi che il movimento reale ha impiegato nel percorrere una data unità di spazio, che supponiamo sia il centimetro. E siccome l'estensione sul dorso e sul dito è di 70 millimetri, così è facile calcolare quale, per una medesima unità di spazio e con la stessa velocità dello stimolo tattile, sia stata nelle due superfici la durata della riproduzione. Pertanto noi possiamo comporre il seguente prospetto:

Digitized by Google

Dorso della mano.

Tempo per l'unità di spazio	Percezione	0.098	0.093	0.090	0.083
	Riproduzione	0.129	0.122	0.128	0.111

Dito medio.

Tempo per l'unità di spazio	Percezione	0.097	0.093	0.091	0.083
	Riproduzione	0.122	0.114	0.114	0.103

Ora, il significato di tutte queste cifre non può interpretarsi in modo diverso da quello che sono per dire. Data un'eccitazione di movimento sopra due tratti della superficie cutanea, nei quali havvi eguaglianza di rapporti spaziali, ma differenza nel grado del senso tattile, il fenomeno riproduttivo avviene entro limiti di tempo minori in quello spazio, che per attitudine fisiologica speciale dimostra più squisita sensibilità discriminativa. La rappresentazione mentale del movimento è tanto più facile e si avvicina tanto più alla durata del fenomeno esterno, se maggiormente ricca di senso tattile è la regione cutanea, sulla quale esperimentiamo. E nel caso nostro, come è noto, la superficie volare del medio, per le ricerche oramai classiche del Weber, del Volkmann, del Vierordt e di altri, possiede un coefficiente di senso locale più fine che la superficie del dorso della mano. Inoltre potremmo trovare una ulteriore conferma di questo principio gene-

Digitized by Google

rale, considerando una per una le singole cifre delle esperienze; ma siccome una tale disamina sarebbe troppo lunga, io credo di riuscire allo stesso scopo col prendere le cifre massima e minima di riproduzione di ogni serie e di confrontarle, segnandone le differenze, con la durata media del movimento tattile corrispondente. In questa guisa, riferendoci come punto fisso alla percezione esterna di contatto, noi abbiamo sott'occhio i più grandi e i più piccoli errori del processo riproduttivo espressi sotto forma numerica.

Dorso della mano.

			Percezione	Differenze
1ª	Massima di riproduz.	1.335	0.978	0.407
	Minima di riproduz.	1.086		0.108
2ª	Massima	1.247	0.852	0.395
	Minima	0.974		0.122
3ª	Massima	1.173	0.824	0.349
	Minima	0.939		0.115
4ª	Massima	1.073	0.686	0.387
	Minima	0.771		0.085
5ª	Massima	0.911	0.655	0.256
	Minima	0.800		0.145
6ª	Massima	0.991	0.633	0.358
	Minima	0.823		0.190
7ª	Massima	0.870	0.570	0.300
	Minima	0.674		0.104
8ª	Massima	0.854	0.580	0.274
	Minima	0.731		0.151

Digitized by Google

Superficie palmare del dito.

			Percezione	Differenza
1ª	Massima di riproduz.	1.311	0.931	0.380
	Minima di riproduz.	0.932		0.001
2ª	Massima	0.974	0.757	0.217
	Minima	0.781		0.024
3ª	Massima	0.883	0.662	0.221
	Minima	0.603		- 0.054 negativo
4ª	Massima	0.875	0.638	0.237
	Minima	0.731		0.093
5ª	Massima	0.955	0.678	0.277
	Minima	0.719		0.041
6ª	Massima	0.850	0.653	0.197
	Minima	0.715		0.062
7ª	Massima	0.724	0.524	0.200
	Minima	0.615		0.091
8ª	Massima	0.773	0.584	0.189
	Minima	0.686		0.102

Qui vediamo che, in genere, le differenze tra le cifre massima e minima di riproduzione e la cifra, che indica la durata media del movimento o della percezione reale, sono notevolmente maggiori in tutte le serie di esperienze compiute sul dorso della mano. E per contrario sono sempre minori negli esperimenti sul dito medio. In particolar modo devesi avere riguardo alle differenze con le minime, le quali stanno a significare i più piccoli errori del tempo di riproduzione. Ma, ciò che è più interessante e che forma oggetto immediato della nostra analisi, noi

Digitized by Google

dobbiamo confrontare quelle serie dell'una e dell'altra categoria di esperienze, in cui la media del movimento reale presenta quasi il medesimo valore cronometrico. Queste serie, come già notai, sarebbero la 4ª, 5ª, 6ª e 8ª del dorso della mano, e la 5ª, 6ª, 4ª e 8ª della superficie palmare del dito. Col semplice raffronto noi troveremo appunto che, nelle ricerche appartenenti alla regione volare del dito, la differenza tra la cifra massima di riproduzione e la media del movimento reale da una parte, e la differenza tra la cifra minima di riproduzione e la media del movimento reale dall'altra, sono molto più piccole delle differenze, che si riscontrano negli esperimenti analoghi del dorso della mano. Ed i risultati mi paiono così evidenti da non lasciare alcun dubbio sulla interpretazione che ne ho dato.

Consideriamo ora le altre indagini sperimentali sulla riproduzione del movimento tattile nella superficie volare della seconda e terza falange del dito medio, e nella superficie dorsale della seconda falange dello stesso dito.

Il metodo tenuto è sempre il medesimo, e l'estensione approssimativa degli spazi tattili eccitati dal movimento del pennello misura per la superficie volare della 2ª e 3ª falange 43 millimetri, e per il lato dorsale della 2ª falange 29 millimetri. Inoltre debbo avvertire una particolare circostanza già ricordata, ed è che nelle esperienze, delle quali ora mi occupo, per due sole volte ad una serie di ricerche sulla superficie dorsale della seconda falange feci immediatamente seguire un'altra serie sul lato volare della seconda e terza falange, e viceversa. Questa coincidenza fortuita ha prodotto alcune modificazioni, che ap-

Digitized by Google

pariranno manifestamente nelle tavole qui appresso aggiunte.

Superficie dorsale della 2ª falange del medio.

SERIE delle ESPERIENZE	DURATA del movimento tattile	ERRORE medio del movimento	DURATA della riproduzione	ERRORE medio della riproduzione
1ª Serie	0.542	± 0.020	0.761	± 0.033
2ª Serie	0.531	± 0.031	0.745	± 0.065
3ª Serie	0.431	± 0.023	0.609	± 0.028
4ª Serie	0.410	± 0.022	0.629	± 0.037
5ª Serie	0.373	± 0.023	0.589	± 0.035
6ª Serie	0.390	± 0.013	0.531	± 0.032
7ª Serie	0.365	± 0.024	0.593	± 0.052
8ª Serie	0.351	± 0.014	0.560	± 0.034

Digitized by Google

Superficie palmare della 2ª e 3ª falange del medio.

SERIE delle ESPERIENZE	DURATA del movimento tattile	ERRORE medio del movimento	DURATA della riproduzione	ERRORE medio della riproduzione
1ª Serie	0.600	± 0.016	0.789	± 0.051
2ª Serie	0.646	± 0.026	0.844	± 0.052
3ª Serie	0.494	± 0.014	0.638	± 0.032
4ª Serie	0.442	± 0.020	0.638	± 0.033
5ª Serie	0.524	± 0.018	0.707	± 0.011
6ª Serie	0.443	± 0.011	0.587	± 0.017
7ª Serie	0.491	± 0.013	0.638	± 0.035
8ª Serie	0.439	± 0.012	0.597	± 0.025

Proporzionando le cifre a cento otteniamo:

Per la superficie dorsale della seconda falange:

SERIE	1ª	0.512	:	0.761	=	100	:	140
	2ª	0.531	:	0.745	=	100	:	140
	3ª	0.431	:	0.609	=	100	:	141
	4ª	0.410	:	0.629	=	100	:	153
	5ª	0.373	:	0.589	=	100	:	158
	6ª	0.390	:	0.531	=	100	:	136
	7ª	0.365	:	0.593	=	100	:	162
	8ª	0.351	:	0.560	=	100	:	159

Digitized by Google

E per la superficie palmare della 2ª e 3ª falange:

SERIE	1ª	0.600	:	0.789	=	100	:	131
	2ª	0.643	:	0.844	=	100	:	130
	3ª	0.494	:	0.688	=	100	:	139
	4ª	0.442	:	0.638	=	100	:	144
	5ª	0.524	:	0.707	=	100	:	134
	6ª	0.443	:	0.587	=	100	:	132
	7ª	0.491	:	0.638	=	100	:	130
	8ª	0.439	:	0.597	=	100	:	136

Dalle cifre numeriche raccolte nei prospetti si vede, a prima giunta, la conferma del fatto generale, per cui, aumentando la celerità del movimento eccitatore nello spazio tattile, si accresce il tempo che impiega l'atto psichico della riproduzione. Farebbe eccezione alla regola la serie 6ª delle esperienze sul lato dorsale della seconda falange, e non si troverebbe in completa armonia con le congeneri la serie 4ª delle esperienze sul lato volare del secondo e terzo articolo del medio. Or bene, cotali fatti non contradicono alla costanza della regola da noi formulata, e si spiegano facilmente considerando il loro determinismo, ossia le condizioni in cui si sono generati; poichè devo ricordare che la 6ª serie degli esperimenti sul lato dorsale della seconda falange fu fatta immediatamente dopo la 6ª serie degli esperimenti sulla superficie volare della seconda e terza falange, e la 4ª serie di questi ultimi tenne dietro alla 4ª serie dei primi. Tutto ciò dimostra con la massima chiarezza quale efficacia possa esercitare sul meccanismo e sulla durata di un atto mentale la persi-

Digitized by Google

stenza di certe date condizioni interne, che hanno con l'atto mentale di cui parliamo rapporti assai intimi di analogia. Così nel caso nostro, il fenomeno di riproduzione diminuì oltre misura nell'una serie ed aumentò nell'altra, perchè le imagini degli eccitamenti tattili precedenti erano ancora fresche: o, per usare un linguaggio fisiologico, perchè negli apparecchi nervosi centrali persistevano tuttora le speciali modificazioni molecolari che furono provocate dalle prime esperienze.

Ma, procedendo oltre, cerchiamo di analizzare i risultati che ci offrono le serie di esperimenti fatti su tutta la superficie volare del medio e sulla seconda e terza falange del dito medesimo. Questi due segmenti fanno parte della stessa regione cutanea, e per rispetto al grado ed alla potenza del senso tattile possono considerarsi come identici: quindi è possibile instituire un paragone fra le ricerche che appartengono alle une ed alle altre serie. E il paragone va fondato esclusivamente sul calcolo della velocità del movimento eccitatore per ogni centimetro di spazio percorso. Con tale criterio noi possiamo confrontare quelle cifre, che nelle esperienze sulle due zone cutanee hanno un valore, se non perfettamente identico, per lo meno quasi eguale: valore, che deduciamo dalle piccole frazioni di tempo necessarie ad eccitare con un movimento di contatto l'unità lineare dello spazio tattile, ossia il centimetro.

Dividendo rispettivamente per 70 e per 43 le durate medie dei movimenti tattili e delle corrispondenti riproduzioni mentali nelle due classi di esperienze, e scegliendo quelle cifre che nella quantità mostrano più vicini rapporti di

Digitized by Google

eguaglianza, si ottengono dei valori numerici che meritano speciale riguardo. A tal fine componiamo due tavole, nelle quali sono rappresentate le medie del movimento reale, le cifre numeriche che in millesimi di secondo simboleggiano il tempo necessario a percorrere un centimetro di spazio cutaneo, le medie di riproduzione e le cifre che segnano la durata riproduttiva per ogni unità di spazio:

Superficie palmare del dito medio.

MEDIA del movimento tattile	TEMPO del movimento per l'unità di spazio	MEDIA della riproduzione	TEMPO di riproduzione per l'unità di spazio
0.931	0.133	1.115	0.159
0.757	0.108	0.892	0.127
0.678	0.097	0.854	0.122
0.662	0.095	0.807	0.115

Superficie palmare della 2ª e 3ª falange del medio.

MEDIA del movimento tattile	TEMPO del movimento per l'unità di spazio	MEDIA della riproduzione	TEMPO di riproduzione per l'unità di spazio
0.600	0.140	0.789	0.133
0.494	0.115	0.688	0.160
0.442	0.103	0.638	0.148
0.491	0.114	0.638	0.148
0.439	0.102	0.597	0.139

Digitized by Google

Se ben si noti, l'esame comparativo dei valori cronometrici calcolati con l'unità di estensione nelle esperienze sul lato volare del dito e della 2ª e 3ª falange, ci fa vedere che, posta eguale o quasi eguale la velocità con cui il corpo eccitatore percorre i due segmenti cutanei, il tempo di riproduzione è più vicino alla durata reale del movimento se il campo tattile è più esteso. O, per dir meglio, la piccolezza degli errori di tempo nella riproduzione delle percezioni di movimento egualmente celeri in due superfici dell'organo tattile, fornite della stessa potenza di sensibilità, sta in ragione inversa della grandezza degli spazi.

Anche se mettiamo in confronto le cifre minime dei tempi di riproduzione con le durate medie del movimento tattile e ne segniamo le differenze, queste sono più piccole negli esperimenti del lato volare del dito che in quelli della 2ª e 3ª falange:

Dito medio			**2ª e 3ª falange**		
Minima di riproduzione	Percezione	Differenza	Minima di riproduzione	Percezione	Differenza
0.932	0.931	+ 0 001	0.673	0.600	+ 0.073
0.781	0.757	+ 0.024	0.583	0.494	+ 0.089
0.719	0.678	+ 0.041	0.574	0.442	+ 0 132
0.608	0.662	— 0.054	0.545	0.491	+ 0.054
			0.563	0.439	+ 0.124

Gli stessi fenomeni vedremmo verificarsi se, tenuto conto

Digitized by Google

della diversità nel grado di senso locale, applicassimo analoghi procedimenti alle altre esperienze sopra le varie regioni cutanee. Ma il già detto, credo, riescirà forse bastevole: ond'è che riassumendo sarei indotto a formulare le seguenti conchiusioni, alle quali certamente non deve attribuirsi un valore assoluto:

La riproduzione di qualsiasi percezione di movimento nello spazio tattile della mano ha una durata sempre maggiore della percezione reale.

A misura che aumenta la celerità del movimento eccitatore, ossia che diminuisce il tempo della percezione di movimento nello spazio tattile, si fanno più lunghe le durate della riproduzione mentale. Gli errori quindi di riproduzione presentano rapporti proporzionali inversi con la velocità del movimento.

A parità di condizioni di spazio, la zona cutanea, che per abitudini fisiologiche possiede un coefficiente più alto di senso tattile o locale, quando sia eccitata da un corpo in movimento, qualunque ne sia la celerità, dà tempi di riproduzione comparativamente più brevi di quelli appartenenti alla riproduzione del movimento sopra le superfici cutanee, che sono fornite di un grado minore di sensibilità.

La riproduzione di movimento, infine, nei tratti cutanei da noi esaminati, poste eguali le condizioni meccaniche della velocità, presenta errori di tempo più piccoli tutte volte che viene stimolato un campo tattile più grande.

Così diamo termine ad una lunga sequela di esperienze, le cui aride cifre a noi sembrano non del tutto infruttuose.

Digitized by Google

Il lettore poi deve riflettere che le presenti indagini sono da riguardarsi come un primo saggio di applicazione del metodo sperimentale ai fenomeni della memoria, e che i postulati che ricavammo da esse non hanno, lo ripeto, caratteri di assolutezza. Ma è su questo sentiero dello esperimento in cui conviene proseguire con alacrità, affinchè la psicologia diventi la fisica della mente umana.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO XIII

IL SENSO DEL TEMPO.

Come appendice al capitolo precedente vanno considerate le pagine, che ora scrivo sul senso del tempo, di cui le esperienze riguardano sempre la riproduzione dei processi psichici.

Non è qui il luogo d'indagare la genesi della nostra idea del tempo: basta rivolgere lo studio al fenomeno nel suo insieme senza preoccuparci d'altro. Solo facciamo osservare che le prime origini del concetto del tempo sono riposte nelle intime modificazioni del proprio essere. Ogni atto di coscienza rappresenta un mutamento, e quindi una serie di elementi successivi, che sommandosi ne formano la durata. Dello stesso modo con cui la superficie geometrica è scomponibile in punti coesistenti, il tempo di un processo mentale accompagnato da coscienza è scomponibile in punti o momenti successivi. E sotto forma di successione di esperienze coscienti, che differiscono fra

Digitized by Google

di esse, a noi si rivela il tempo. Una uniformità continua, come soggiunge il Sully, non ci fornirebbe alcun sentimento della durata, perchè non potrebbero svolgersi fenomeni di consapevolezza della propria persona. Non vi ha, a rigore di logica, uno stato mentale del tutto uniforme, che si estende attraverso intervalli di tempo apprezzabili. A chiunque, nel guardare un oggetto o nell'ascoltare un suono, non avverrà mai di trovarsi in condizioni psichiche assolutamente identiche: piccoli cangiamenti nell'intensità della sensazione, nell'energia dell'attenzione e nel comporsi delle imagini si producono sempre in ciascuno istante infinitesimale della durata (1).

La fisiologia ha tentato di scoprire in che modo noi apprezziamo il succedersi dei fatti esterni, e più particolarmente con quale esattezza riproduciamo nella memoria le percezioni gia trascorse. Spetta al Vierordt il merito di aver compiuto, tra i primi, lo studio più sistematico sul senso del tempo (2).

Però non è inutile, innanzi che discorriamo del vero e proprio senso del tempo, che io richiami alla mente del lettore alcuni fatti, i quali non di raro avvengono durante le semplici ricerche del periodo di reazione: alludo alla coscienza o stima dell'errore personale.

Quando un osservatore si è abituato agli esperimenti, può con agevolezza valutare l'aumento o il decremento del tempo di reazione ad uno stimolo di senso. L'Exner in una serie di esperienze ottiche, la cui durata media fu 0".1840, salvo un solo caso, apprezzò come tardo ogni

(1) Sully, *Les illusions des sens et de l'esprit.* Ch. X: Les illusions de la mémoire. Paris, 1883.

(2) Vierordt, *Der Zeitsinn nach Versuchen.* Tübingen, 1868.

Digitized by Google

risultato che fosse maggiore di 0.1994, mentre, con eccezione di altro solo caso, giudicò ben riescite le cifre più piccole di 0.1781: onde, come si vede, giunse a stimare esattamente un centesimo di secondo. E dagli studi dell'Höring si ricaverebbe che possono essere riconosciute fra loro diverse le grandezze di tempo che differiscono di venti millesimi (1).

Sopra di me stesso ottenni risultati analoghi. Inoltre volli instituire delle esperienze tattili, invitando la persona sottomessa alle ricerche, e già molto esercitata, a valutare direttamente in millesimi di secondo ciascun tempo di reazione. Or bene, in dieci volte il suo errore oscillò fra i 10 e i 18 millesimi, in sei volte tra i 5 e i 9 millesimi, in una esperienza calcolò due millesimi ed in tre esperienze un millesimo dippiù.

Ma consideriamo da vicino il nostro assunto.

È noto che le sensazioni di grandezze estensive, come quelle dello spazio e del tempo, hanno il carattere particolare di poter essere riprodotte. La memoria senza difficoltà riesce a rappresentarci la durata che separa due percezioni esterne. Così l'intervallo di tempo, che ad esempio è compreso fra due stimoli di senso momentanei, si può rifare mentalmente imitando con due piccoli movimenti disegnabili per via grafica la successione cronologica, la quale corrisponde all'intervallo sentito.

Supponiamo che due stimoli acustici si succedano l'uno dopo l'altro. Una leva batte con un'estremità due volte, e con dato intervallo, sopra una lastra di vetro, mentre con l'estremità opposta segna sopra un apparecchio gra-

(1) Höring, *Versuche über das Unterscheidungsvermögen des Hörsinns für Zeitgrössen.* Inaugural Dissertation. Tübingen, 1864.

Digitized by Google

fico l'istante dei colpi, ossia il tempo *a* che si è percepito. L'osservatore per mezzo della leva deve ripetere la medesima successione dei battiti. Ora, il tempo riprodotto *b* solo raramente è reso eguale ad *a*. In quasi tutti i casi *b* è più grande o più piccolo di *a*, e però si commetteranno errori in + o in —. Tali errori hanno intanto dei limiti; poichè se facciamo $a = 1$ secondo, *b* non può scendere al di sotto di 0.7 o superare 1″.4. Addizionando poi tutti gli errori e dividendoli pel numero delle singole ricerche si ottiene l'errore medio, che non è mai eguale a zero; e nell'esempio testè citato risulta positivo, ossia la durata di un minuto secondo s'ingrandisce di 0.39 nella nostra sensazione riprodotta (1).

In genere, nei fatti che riguardano il senso cronometrico si osserva anzitutto che il tempo percepito, quando è piccolo, diventa maggiore nella riproduzione, e si fa mentalmente troppo breve quando esso nella realtà è troppo lungo. Ma fra i confini or ora indicati esiste un punto od una zona neutra (Neutralitätspunkt), rappresentabile con cifre numeriche, in cui l'estensione reale del tempo è riprodotta con esatta precisione. Questo valore cronologico, allorchè, senza intervallo, deve subito ripetersi una quantità successiva percepita con l'orecchio, nel Vierordt medesimo è dato dalla cifra 2″.5; e se fra il tempo obiettivo e il riprodotto s'inserisce un intervallo, il punto d'indifferenza coincide all'incirca con 3″.25. In altre due persone fu 1″.5. Anche pel senso cutaneo i risultati non sono dissimili: così nel tempo, circoscritto da due impressioni tattili momentanee sulla stessa zona della pelle,

(1) VIERORDT, *Grundriss der Physiologie des Menschen*, V. Aufl. p. 313. Tübingen, 187[illegible].

Digitized by Google

il punto indifferente cade in 2".25 e si estende fino a 4 secondi (1).

Il Wundt e il Kollert posteriormente studiarono il senso del tempo col metodo delle più piccole differenze percettibili. Chiamano « tempo normale » la durata reale, di cui si vuol misurare l'equivalente mnemonico, e « tempo di comparazione » quello che, secondo il nostro apprezzamento, eguaglia il tempo normale (2).

L'esperimento procede in questa guisa. Si hanno due metronomi, che per mezzo di apparecchi elettro-magnetici possono essere fermati momentaneamente: l'uno conserva sempre in una serie di esperienze lo stesso movimento, e con le impressioni di suono prodotte dall'asta segna il tempo normale t; l'altro, dopo un intervallo di lunghezza variabile, dà il tempo di paragone. Il peso mobile di quest'ultimo in ciascuna esperienza è spostato, e quindi si modifica il tempo di comparazione che diremo θ.

Le osservazioni si conducono in tal modo che in ogni serie di ricerche si stabilisce il tempo normale t e poi, dopo una pausa δ, il tempo di paragone θ.

Dapprima θ è preso eguale a t. In prosieguo, per lo spostamento del peso, θ è alcun poco diminuito o accresciuto: tale riduzione od aumento si continua fino a che il tempo di paragone per tutti i soggetti sottomessi all'esperienza sembra chiaramente più piccolo o più grande del tempo

(1) VIERORDT, Op. c.

IDEM, *Psychophysische Bemerkungen.* Aus der « Zeitschrift für Biologie, » 1882, p. 1 e 2.

(2) WUNDT, Op. c. Bd. II, p. 284.

KOLLERT, *Untersuchungen über den Zeitsinn.* Philosophische Studien, Bd. I. p. 73.

Digitized by Google

normale. Quando è raggiunto questo limite, il peso mobile del metronomo, che dà il tempo di paragone, poco alla volta si riduce al punto in cui a tutti gli osservatori la differenza fra *t* e θ paia di nuovo diventar nulla, ossia al punto in cui θ si stimi eguale a *t*, che nelle serie degli esperimenti misurava 0.4, 0.5, 0.7, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5.

In complesso i corollari desunti dal Wundt e dal Kollert si accordano con quelli del Vierordt. Per durate piccolissime l'errore è positivo, ed è negativo per durate meno brevi. Il momento d'indifferenza, cioè quando il tempo subiettivo ha un valore numerico identico al tempo reale, è rappresentato dalla cifra 0.755. I tempi al di sotto del punto d'indifferenza vengono stimati più grandi, quelli al di sopra più piccoli. È da notare intanto che nelle esperienze del Vierordt non solo è numericamente maggiore il punto d'indifferenza, ma le oscillazioni individuali sono non lievi; mentre nel Wundt e nel Kollert le oscillazioni si restringono ad alcuni centesimi di secondo. Con molta probabilità cotali differenze potrebbero avere fondamento nel metodo diverso degli osservatori e forse nella stessa disposizione strumentale.

Ho voluto anch'io studiare, con altro obiettivo, il senso del tempo e le sue variazioni.

Nell'individuo soggetto all'esame considero e determino per sè stessa l'attitudine con cui egli apprezza il tempo, il quale non deve riferirsi ad intervalli costanti prestabiliti e tenuti innanzi alla mente come modelli da imitare. Con piccole pause tra una esperienza e l'altra, l'individuo abbassando e rialzando una specie di leva, che vale a chiudere e ad aprire il circuito cronoscopico, calcola per

Digitized by Google

un dato numero di volte delle quantità di tempo che subiettivamente hanno eguale durata. E poichè queste quantità sono di estensione variabilissima, così nel computare il valore medio di ogni gruppo di esperienze e la sua variazione od errore probabile si può vedere quale andamento assuma, a misura che gli intervalli si fanno più piccoli o più grandi, quel senso intimo e speciale di apprezzamento della successione dei fenomeni, che diciamo appunto senso del tempo.

Gli esperimenti, che ho fatti sopra di me stesso, in giorni ed anche in mesi diversi, sommano a 1720: sono divisi in serie, e ciascuna serie comprende venti ricerche, le quali erano eseguite con breve intervallo l'una dopo l'altra.

Nel prospetto seguente dispongo le esperienze in ordine di successione cronologica, e di ogni serie riproduco la media degli spazi di tempo che apprezzai come eguali, l'errore medio e il gruppo tipico, ossia i limiti che racchiudono il maggior numero delle esperienze medesime. Mi preme infine avvertire che dal calcolo dei valori medi e quindi delle variazioni di ogni singola serie ho tolte tutte quelle cifre cronometriche, che furono da me stimate o troppo brevi o troppo lunghe. Ed ho notato specialmente che tale errore subiettivo avvenne quando dovevo apprezzare piccoli intervalli di tempo; mentre nella misura di grandi quantità non mi occorse mai di riscontrarlo.

Digitized by Google

Serie delle esperienze	Media dei tempi stimati eguali	Errore medio (1)	Gruppo tipico
1ª	0.421	18.00	0.410 — 0.440
2ª	0 399	20.00	0.380 — 0.420
3ª	0 460	20.00	0.445 — 0.485
4ª	0.647	31.00	0.615 — 0.670
5ª	0.624	20.80	0.600 — 0.650
6ª	0.603	20.75	0.585 — 0.635
7ª	0.622	22.15	0 600 — 0 640
8ª	0.825	45.00	0.780 — 0.850
9ª	0.849	40.20	0.805 — 0.870
10ª	1.065	49.45	1.005 — 1.095
11ª	1.046	50.90	1.000 — 1.100
12ª	1.316	74.95	1.265 — 1.415
13ª	1.235	55.95	1.190 — 1.290
14ª	1.250	49.55	1.195 — 1.260
15ª	1.304	70.06	1.305 — 1.415
16ª	1.477	101.90	1.350 — 1.570
17ª	1.110	60.30	1.055 — 1.165
18ª	1.057	61.80	1.002 — 1.102
19ª	0.740	37.35	0.680 — 0.750
20ª	0.785	30.80	0.725 — 0.800
21ª	0.735	33.40	0.705 — 0.780
22ª	0.719	30.00	0.705 — 0.760
23ª	0.550	29.75	0.525 — 0.580
24ª	0.642	27.15	0.620 — 0.675
25ª	0.458	19.85	0 430 — 0.470
26ª	0.390	24.60	0.365 — 0.410
27ª	0.352	20.90	0.330 — 0.380
28ª	1.681	80.00	1.640 — 1.735
29ª	0.628	33.45	0.590 — 0.655
30ª	1.628	75.85	1.545 — 1.665
31ª	1 338	59.55	1 270 — 1.355
32ª	1.553	81.75	1.470 — 1.600
33ª	1.160	54.95	1.125 — 1.230
34ª	1.821	100.70	1.690 — 1.900
35ª	0.833	38.00	0.800 — 0.870
36ª	0.331	18.45	0.305 — 0.345

(1) I numeri di questa colonna sono sempre millesimi di secondo.

Digitized by Google

Riunendo in gruppi quel complesso di esperienze che oscillano fra limiti di tempo molto vicini, possiamo formulare alcuni corollari generali.

Anzitutto si osserva che negli intervalli di tempo, le cui medie sono contenute fra 0 330 e 0.460, l'errore si estende da un minimo di 0.018 a un massimo di 0.0246.

Negli intervalli di tempo, in cui i gruppi delle esperienze hanno medie comprese fra 0.550 e 0.650, l'errore oscilla fra 0.0208 e 0.0335.

Nelle medie comprese fra 0.700 e 0.850 l'errore è fra 0.030 e 0.045.

Negli intervalli medi contenuti fra 1.050 e 1.250 l'errore oscilla da 0.0495 a 0.0618.

Negli intervalli, le cui medie sono racchiuse fra 1.300 e 1.700, l'errore ha un minimo di 0.0596 ed un massimo di 0.1019.

E finalmente in una serie di esperimenti, dei quali il valore medio è 1.821, l'errore raggiunse la cifra di 0.1007.

Con questi dati possiamo rappresentare graficamente i vari fenomeni caduti sotto la nostra osservazione.

Nella Tav. III la linea delle ascisse è divisa in parti, che indicano i diversi gruppi degli esperimenti di tempo, le cui medie hanno valori molto vicini fra di esse; e la linea delle coordinate ci dà il tempo di 10 in 10 millesimi di secondo. I rettangoli oscuri, che s'innalzano sulla linea delle ascisse, indicano gli errori di ciascun gruppo di esperienze, a cominciare da quelli dei tempi compresi fra 0.330 e 0.460 sino all'errore del tempo massimo, la cui media sta al di sopra di 1.800.

Ora, se componiamo le medie generali dei gruppi principali di errori e colleghiamo con una linea i punti in cui

Digitized by Google

cadono queste medie, riusciremo a costruire una curva (*curva reale*), la quale ha un andamento regolarissimo e si avvicina molto alla curva geometrica, che chiamiamo appunto *curva tipica*. Le medie generali degli errori dei vari gruppi, sempre in millesimi di secondo, sono le seguenti: 20.25; 26.44; 36.40; 54.70; 77.72; 100.7.

Il corollario che si desume dalle mie esperienze è che gli errori sono proporzionali alla grandezza delle durate: ossia il senso cronometrico si fa meno preciso a misura che dobbiamo apprezzare quantità maggiori di tempo. Se a valutare per *n* volte delle grandezze di tempo, la cui durata media è 400 millesimi di secondo, si commette un errore di 20 millesimi; a calcolare per altrettanto numero di volte delle grandezze maggiori del triplo o del quadruplo delle prime si commette un errore proporzionale, cioè tre o quattro volte più grande.

Digitized by Google

CAPITOLO XIV

I FENOMENI DELLA MEMORIA ORGANICA.

DURATA DELLA FORMAZIONE DEI SEGNI GRAFICI.

Della memoria finora non abbiamo considerato che il solo aspetto psichico, ossia la forma da tutti conosciuta.

Ma la memoria, che è funzione generale della vita, non si restringe in confini così angusti. La scienza c'insegna che non potremmo comprendere il meccanismo di qualsiasi fenomeno biologico, se i tessuti viventi, ed in ispecial modo la sostanza nervosa, non avessero il carattere di conservare e di riprodurre le attività funzionali già sperimentate. Le fibre muscolari si contraggono e dànno luogo ai vari e molteplici movimenti, i tubi nervosi si prestano alla trasmissione degli stimoli, e le cellule gangliari sentono, percepiscono e trasformano gli eccitamenti di senso in impulsi motori coordinati, solo perchè nei muscoli, nei nervi e nei centri nervosi esiste una proprietà fondamen-

Digitized by Google

tale che diciamo memoria, per la quale si riproducono quei dati processi fisico-chimici avvenuti nella tessitura anatomica degli organi, accompagnandosi nello stesso tempo ai processi funzionali corrispondenti. In diversa maniera è difficile od impossibile, ad esempio, rendersi conto della mirabile perfezione che si manifesta nei movimenti acquisiti, detti anche azioni automatiche secondarie, e nei movimenti di gran parte del mondo animale, che ci sembrano spontanei e primitivi. Nell'uno e nell'altro caso è la memoria che agisce, ora per l'esperienza dell'individuo, ed ora per l'esperienza della specie trasmessa e conservata dalle leggi universali ed ineluttabili di eredità. Il bambino che apprende lentamente e con sforzi ripetuti e penosi a muovere i primi passi, e poi raggiunge siffatta capacità motrice che i suoi muscoli si contraggono e compiono il proprio lavoro con automatismo sorprendente; l'ape che spinta da abitudini congenite costruisce con le leggi della simmetria la più estetica le sue cellette, che sembrano un miracolo di natura, e il ragno che tesse la sua tela esilissima con l'intreccio meraviglioso e sapiente di fili innumerevoli, sono i più belli episodi della memoria nel grande poema della vita.

Il campo, che oggi la psicologia assegna alla memoria, è immensamente esteso e contiene nel suo grembo tutti i fenomeni della vita, dalla contrazione del muscolo all'associazione delle idee. Come i nostri movimenti volontari raffigurerebbero sempre atti goffi e mal destri, se a ciascun gruppo muscolare dovessimo col concorso della coscienza impartire questo o quell'altro impulso volitivo, ossia se i centri nervosi che presiedono al moto non avessero una memoria; così, a dire dell'Hering, la

Digitized by Google

nostra facoltà di percezione rimarrebbe sempre in uno stato di sviluppo assai basso e quasi rudimentale, se dovessimo ogni volta costruire coscientemente le singole percezioni con gli elementi che ci vengono forniti dagli organi dei sensi, ossia se i centri percettivi, analogamente ai centri motori, non serbassero memoria delle loro attività funzionali. Lo stesso vale per qualsiasi processo psichico.

Descrivere quindi la memoria come una facoltà dello spirito è un errore della vecchia psicologia, che si compiaceva nella creazione dei tipi; credere che la memoria sia un ricettacolo, in cui le imagini e le idee si trovano accumulate e disposte in varie categorie, è una contraddizione alle prove cotidiane che ci somministra la scienza. La memoria rappresenta l'aspetto psicologico della persistenza dell'energia; e come niuna manifestazione di forza va perduta nel mondo fisico, così niuna impressione od eccitamento che opera sopra un tessuto vivente sparisce del tutto. La memoria infine, ed è questa la dottrina fondamentale della psicologia contemporanea, più che un fatto particolare della coscienza, è un fatto di natura biologica, o, per dir meglio, è un attributo dell'incosciente, che è la vera base della personalità animale. La memoria veramente psichica costituisce nella storia dell'individuo e della specie una piccola parte rispetto al dominio estesissimo della memoria generale od organica, in cui è scomparsa quasi del tutto ogni partecipazione della coscienza (1).

(1) Hering, *Ueber das Gedächtniss als eine allgemeine Function der Materie.* Vortrag ec. Wien, 1876. — Hensen, *Ueber das Gedä-*

Digitized by Google

Un esempio evidente di memoria organica ci offre la scrittura, la quale appartiene alla categoria delle azioni che l'Hartley chiamò automatiche secondarie per distinguerle dalle azioni automatiche primitive o congenite. La scrittura, come il linguaggio parlato ed il linguaggio mimico, è un atto psicofisiologico, col quale traduconsi all'esterno gli stati di coscienza. Ma se i movimenti mimici del volto hanno dei caratteri innati, il suono vocale ed il segno grafico invece sono un prodotto dell'esercizio, dell'esperienza, e ad essi si conviene opportunamente il nome di reflessi acquisiti, o per usare la frase del Bain, di acquisizioni meccaniche.

Io non voglio nè posso discutere sull'origine della scrittura che noi oggi adoperiamo, cioè la scrittura fonetica, e molto meno toccare la grave quistione, dirò così, etnologica che vi si collega. Tutti sanno, per citare le due forme più classiche, che mentre nella scrittura semitica le lettere sono allineate in senso centripeto, nella scrittura aryana, che è la nostra, pur conservandosi la medesima disposizione delle linee, le quali stanno l'una sopra l'altra, le lettere invece hanno una direzione centrifuga per rispetto all'asse del corpo. O in altre parole, la scrittura semitica è di adduzione, la nostra di abduzione. In tal caso, l'ordinamento delle lettere e la direzione delle linee dipende da leggi fisiologiche, da necessità di struttura e di conformazione anatomica, o non sono piuttosto, come so-

chtniss. Rectoratsrede. Kiel, 1877. — Kussmaul, *Die Störungen der Sprache.* Cap X. Leipzig, 1877. — Haeckel, *Ueber die Wellenzeugung der Lebenstheilchen:* Gesammelte populäre Vorträge. Zw. H. p. 51. Bonn, 1878. — Maudsley, *Physiologie de l'esprit* Ch. IX. Paris, 1879. — Ribot, *Les maladies de la mémoire.* Ch. I. Paris, 1881.

Digitized by Google

stiene il Vogt, effetto di cause esterne differenti (1)? Quest'ultime, a giudizio del sommo antropologo, in epoche assai remote spiegarono la loro influenza sui primi uomini, e, sebbene possano essere scomparse, hanno in forza dell'eredità e dell'abitudine conservato nei discendenti la maniera particolare nella formazione dei segni grafici. Certo è, per non impigliarci in così difficile argomento, che la scrittura centripeta, stando ai fatti più immediati, è propria delle razze inferiori, e che nelle razze alte non solo il modo di esprimere graficamente i propri pensieri, ma tutte o quasi tutte le operazioni manuali, nelle quali si richiede facilità, precisione, eleganza, sono compiute con movimenti centrifughi, e sembra che nella evoluzione fisiologica delle funzioni motrici i movimenti dei muscoli abduttori abbiano ottenuto il predominio sopra quelli degli adduttori. Quindi la scrittura in senso centrifugo per noi deve essere stimata quale un fatto naturale e, come suol dirsi, più conforme allo scopo, a causa della maggior libertà dei movimenti, che il braccio, per riguardo all'asse del corpo, acquista dirigendosi verso l'esterno. Nè ciò vale soltanto pel braccio destro, ma anche pel sinistro; e i fisiologi han potuto dimostrarlo con la così detta « scrittura a specchio » o « litografica », la quale si osserva nei fanciulli, che imparano le prime volte a tracciare segni grafici, e più specialmente e con maggiore evidenza in talune persone adulte obbligate a scrivere con la mano sinistra, avendo la paralisi reso inerte la metà destra del corpo.

Ma dove e come si formano le imagini delle singole lettere e perciò delle parole scritte?

(1) Vogt, *L'écriture considérée au point de vue physiologique.* Revue scientifique, juin 1830.

Digitized by Google

Quivi l'analisi fisiologica è riescita a decifrare il meccanismo di questi fenomeni estremamente complessi.

Senza dubbio chi regola i movimenti della scrittura presso tutti i popoli è l'emisfero cerebrale sinistro, il quale, come è noto, presiede anche alla funzione del linguaggio. Una connessione intima, dimostrabile più che altro dalla patologia, passa tra il linguaggio e la scrittura, che rappresentano in fondo due fasi di un medesimo processo psicofisiologico. Mentre il linguaggio nel suo schema fondamentale è costituito da imagini acustiche, sia di natura sensoria che motrice, cioè da imagini di eccitamenti sonori che entrano nel cervello per mezzo dell'udito e da imagini dei movimenti necessari alla formazione coordinata dei suoni; nella scrittura invece troviamo delle imagini visive anch'esse sotto l'aspetto del senso e del movimento: ossia, il meccanismo mnemonico della parola scritta ha doppia sorgente, essendo composto dalla memoria dei segni scritti come complesso di percezioni visive e dalla memoria dei segni scritti come forme di movimento. Le abitudini ereditate di generazione in generazione hanno fatto sì che noi, dopo un certo periodo di vita e quindi di esperimento, giungiamo senza difficoltà a stabilire una perfetta equivalenza tra le imagini visive della parola scritta e le imagini acustiche della parola parlata; e poichè il linguaggio fonetico nella evoluzione storica della specie e nella evoluzione individuale precede la scrittura, si può quasi sicuramente affermare che l'uso universale di scrivere con la mano destra deve anzitutto la sua origine alla funzione del linguaggio, che ha sede ben definita nell'emisfero sinistro del cervello. Pertanto l'ipotesi dell'Erlenmeyer, secondo la quale noi siamo

Digitized by Google

cerebro-sinistri perchè siamo mano-destri, scambia la causa per l'effetto; e molto meno poi ci sembra conforme al vero l'opinione del medesimo autore, che vorrebbe far dipendere il predominio della destra nelle operazioni manuali da ciò che la nostra scrittura va da sinistra verso destra (1). La prevalenza della mano destra in tutti i movimenti dell'uomo, e che pur si osserva negli animali più affini all'uomo, come le scimmie, deve avere cause organiche, alla cui costituzione concorsero e concorrono tuttavia l'eredità e l'arte educativa: anzi, secondo alcuni, coteste cagioni consisterebbero nello sviluppo embrionale più sollecito dell'emisfero sinistro, che ammesso dal Gratiolet fu però negato posteriormente dall'Ecker e dal Vogt, nel maggior peso assoluto e relativo del medesimo emisfero, le cui circonvoluzioni frontali hanno una morfologia più complicata, e nella copia maggiore di onda sanguigna che vi accorre dalle arterie.

Per noi sta il fatto che nell'emisfero sinistro devesi trovare la sede principale della formazione delle lettere, e che la genesi della parola grafica richiede, come notammo, due condizioni: una serie di eccitamenti luminosi, che per mezzo dell'organo della visione si recano ai centri cerebrali e vi perdurano sotto forme di imagini sensorie, ed una serie simultanea di impressioni muscolari, dipendenti dalla funzionalità degli apparecchi motori dell'avambraccio, della mano e delle dita, che anch'esse si organizzano

(1) Wir sind « Linkshirnig » weil wir « Rechtshändig » sind, nicht umgekehrt; und « Rechtshändig » sind wir, weil unsere Schrift mit der rechten Hand nach rechts hin geschrieben werden muss.

ERLENMEYER, *Die Schrift. Grundzüge ihrer Physiologie und Pathologie*, pag 6. Stuttgart, 1879.

Digitized by Google

nel cervello sotto forma di imagini motrici. Senz'altro modo non potrebbesi formare nella nostra mente la rappresentazione dello spazio figurato. La ripetizione poi e l'esercizio valgono a rendere queste imagini non solo permanenti, ma ad associarle intimamente fra di esse e quasi a fonderle insieme, di guisa che nel prodursi della imagine visiva della lettera o della parola scritta, si sveglia nello stesso tempo la corrispettiva imagine motrice: onde prima di segnare sulla carta il simbolo grafico noi abbiamo una visione interna della figura della lettera o della parola, che, integrandola, rivestiamo con la memoria di quei movimenti vari e complessi, alla cui esecuzione, dapprima con grande sforzo di volontà e dispendio di energia muscolare, ci ha abituati l'esperienza tutte volte che dovevamo tradurre con segni sensibili le nostre idee. Così tra la parte sensoria e la parte motrice nel fenomeno della scrittura si stabilisce tale intimità di legami e di rapporti, che è quasi impossibile distinguere le due fasi del processo: solo il fatto patologico, che è un esperimento delicatissimo della natura, giunge a scomporre nei suoi elementi costitutivi il linguaggio fonetico ed il linguaggio scritto.

Ora, se ben si noti, le imagini visive e motrici, che troviamo nel meccanismo mentale della scrittura, e che hanno, come dicemmo, origine diversa, presentano alcuni caratteri particolari, che ci aiuteranno moltissimo alla ricerca definitiva della sede organica.

Gli eccitamenti ottici, che servono di base alle imagini sensorie, sono binoculari, e però, secondo le prove anatomiche e fisiologiche, debbono interessare le cellule psichiche dei due emisferi; ma la memoria dei movimenti,

Digitized by Google

coi quali componiamo lo spazio figurato, non ha sorgente doppia, poichè qui entrano solamente in campo i movimenti dell'arto destro, che stanno sotto l'esclusiva dipendenza della metà sinistra del cervello. Ciò importa, come fa notare il Vogt, che la rappresentazione della forma delle lettere, per abitudine già ereditata e per associazione già divenuta organica tra l'imagine visiva e l'imagine motrice, deve compiersi prevalentemente nell'emisfero sinistro; mentre tutto quello che si riferisce alla rappresentazione della distanza fra le singole lettere aggruppate in parole, del collegamento mutuo delle parole e del modo con cui sono dirette le linee, deve aver luogo nei due emisferi in proporzione di gran lunga maggiore del primo caso. Una prova evidentissima ne è fornita dalla esperienza comune, nella quale chiudendo gli occhi noi siamo in grado di scrivere esattamente con la mano destra: però se la forma delle lettere rimane integra, o meglio se l'espressione grafica d'ogni lettera non soffre alcun cambiamento nei filetti, nei tratti arcuati e nelle aste, invece le commissure tra le parole, gli intervalli che separano una lettera dall'altra od una parola dall'altra e la direzione delle linee rivelano incertezza e talvolta confusione, che non possono avere altra causa se non la mancanza della visione binoculare. Ciò non toglie che con lungo esercizio non si possa vincere questa difficoltà fisiologica. Tuttavia nell'emisfero destro, sebbene l'abitudine e l'esperienza ne abbiano scemato la compartecipazione all'uso quotidiano dello scrivere, esiste, direi quasi, la capacità funzionale grafica: moltissimi scrivono, quantunque difficilmente, con la mano sinistra e ad occhi chiusi, e, quel che è più, i paralitici del lato destro possono scrivere con l'altra mano

Digitized by Google

e con agevolezza. Se non che dobbiamo fare una distinzione di non lieve interesse: mentre noi, in cui è integro il potere funzionale dei due emisferi del cervello, è persistente l'efficacia dell'educazione acquisita ed è viva la memoria dei segni grafici tracciati dalla mano destra, volendo scrivere con la sinistra non facciamo altro che sforzare i muscoli dell'arto a rappresentarci in modo sensibile le imagini visive interne nella forma e nella direzione, con le quali furono sempre rivestite dall'altra mano, e quindi eseguiamo uno scritto di adduzione; nei paralitici per contrario, le imagini mnemoniche dei movimenti muscolari della mano destra essendo scomparse del tutto nell'emisfero sinistro del cervello per la lesione morbosa che ha dato luogo alla paralisi, ed essendosi in cambio conservate nell'emisfero destro, avverrà che i muscoli dell'arto sinistro, nel proiettare l'imagine, eseguiranno un movimento centrifugo identico a quello che avrebbe fatto l'arto destro, e l'imagine visiva, rispetto all'apprezzamento ordinario della scrittura, sarà tracciata a rovescio. Il perchè è semplicissimo: l'impressione dei movimenti di un arto si conserva pure nell'emisfero dello stesso lato, ma sotto forma rovesciata. Se con la mano destra compio come nella scrittura comune una serie di movimenti centrifughi, nel mio emisfero cerebrale omonimo perdura la memoria di questi movimenti; e quando esso deve entrare da solo e necessariamente in funzione, è naturale che provocherà la contrazione di quei muscoli dall'arto sinistro, che sono i corrispondenti dei muscoli del lato destro, ed i movimenti consecutivi, simmetrici sempre all'asse del corpo, avverranno in linea centrifuga: allora la scrittura in tali condizioni apparirà capovolta. Questo fenomeno singolare,

Digitized by Google

che incontrasi spesso e con la massima chiarezza nei casi patologici, dove per alterazioni profonde dell'emisfero sinistro è annullata la memoria motrice e sono resi inefficaci gli effetti dell'esperienza e dell'attenzione volontaria, avviene pure nel dominio fisiologico; e il Vogt con lunga serie di esperienze ha potuto dimostrare che nelle persone sane, malgrado persista la funzione simultanea e, soggiungeremo, perturbatrice dell'emisfero sinistro del cervello, la scrittura litografica è la scrittura normale della mano sinistra, specialmente quando si elimina l'influenza del senso della vista con la chiusura degli occhi (1). Sopra di me stesso e d'altri ho constatato che ad occhi chiusi la scrittura rovesciata con la mano sinistra è più facile, più spedita e più estetica della scrittura normale eseguita in direzione centripeta (da sinistra a destra) con la stessa mano. I fanciulli in modo particolare, come osserva il Buchwald, scrivono quasi incoscientemente in forma litografica con la mano sinistra, e vi spiegano un'abilità come nella scrittura usuale compiuta con la destra (2). E non è raro il caso di fanciulli che, sollecitati a scrivere il proprio nome con la sinistra ed a collocare, non senza sforzo di attenzione e lentezza, le lettere nella

(1) È importantissimo l'esperimento che ciascuno può ripetere sopra di sè e con risultati sempre costanti. Volendo scrivere nello stesso tempo, e meglio ad occhi chiusi, una stessa parola con le due mani, si osserva che la scrittura fatta con la sinistra è rovesciata, mentre l'altra è normale. Se si sforza poi la mano sinistra a tracciare la scrittura comune, si proverà un grave senso di pena, e malgrado ogni attenzione si tracceranno sempre delle lettere a rovescio.

(2) Buchwald, *Spiegelschrift bei Hirnkranken*. Berliner klinische Wochenschrift, Nr. I, 1878.

Digitized by Google

stessa maniera della scrittura normale, riescano a fare dei movimenti centrifughi e quindi una scrittura litografica appena si esige che la parola venga tracciata con una certa celerità. Son pochi però gli individui che non verghino lo scritto con la mano sinistra nella medesima direzione e forma che vien data allo scritto con la destra, e non siamo capaci contemporaneamente di vergare segni grafici rovesciati con la mano sinistra. È un fenomeno il quale non può interpretarsi se non ammettendo che, per lunga ed inveterata abitudine di scrivere, la memoria motrice delle lettere e delle parole è così tenacemente organizzata da esercitare uno sforzo incosciente sui muscoli dell'arto sinistro, ottenendo che i movimenti grafici compiano una scrittura della stessa forma e direzione di quella eseguita con la mano destra. E quando in uno di questi individui avviene la perdita del braccio destro per una causa traumatica o per un processo morboso qualsiasi, può l'arto sinistro supplirlo mirabilmente nell'esercizio dello scrivere.

Ma nella scrittura, oltre l'aspetto psicofisiologico generale, v'è da considerare il lato puramente estrinseco dei movimenti. E qui dovrei discorrere di particolari anatomici, senza dei quali è impossibile comprendere il meccanismo complicatissimo dell'atto dello scrivere (1). Dirò soltanto che nella formazione delle singole lettere e degli elementi figurativi, onde componesi ciascuna lettera, si contraggono in diverso grado e con armonia meravigliosa una grande quantità di muscoli, specialmente delle dita.

(1) Vedi i particolari nel mio articolo: *La memoria organica nel meccanismo della scrittura. Ricerche sperimentali.* Rivista di filosofia scientifica, Anno II, fasc. 1°, 1882, p. 9 e seg.

Digitized by Google

Sopratutto è ammirabile la coordinata ed uniforme distribuzione dell'energia cerebrale lungo i nervi, che si diramano nell'apparecchio destinato ai movimenti grafici. Ciascuna delle parti elementari, di cui è costituita una lettera, non è l'effetto dell'eccitazione isolata di unico nervo; poichè nel descrivere il filetto entrano in attività i nervi cubitale, radiale e mediano; nel formare il corpo o *pieno* è mestieri l'azione contemporanea del mediano e del cubitale, e nell'eseguire le linee arcuate, sia in senso centripeto che in senso centrifugo, occorre l'opera simultanea di tutti e tre i tronchi nervosi. Tutto questo noi sappiamo dallo studio fisiologico dell'organismo; nè i fenomeni, cui abbiamo accennato, potrebbero prodursi con ordine ed armonia, se i centri nervosi, le fibre conduttrici ed i muscoli, educati da mille tentativi di esercizio, sul quale poggia l'edificio della nostra vita incosciente, non conservassero memoria della loro speciale funzionalità.

L'efficacia dell'esercizio nella scrittura, e in tutti gli altri movimenti acquisiti è immensa, ed ha tale importanza fisiologica e psicologica che val la pena anche qui di discorrerne un istante.

Nei movimenti complessi, di cui dispone ogni individuo, più che alla energia delle contrazioni muscolari devesi riflettere al regolare coordinamento delle contrazioni medesime: la qual cosa, come ha osservato il Du Bois-Reymond, dimostra che il vero meccanismo dei movimenti composti ha sede nei centri nervosi, dai quali per via delle fibre conduttrici si diramano le infinite varietà di impulsi motori. E se con la ripetizione riesciamo a compiere atti delicatissimi, che richiedono un equilibrio meraviglioso nella funzione dei nostri muscoli, egli è perchè

Digitized by Google

nei centri, che presiedono all'innervazione motrice, non solo rendonsi più abituali le scariche che provocano i movimenti adattati, ma scompaiono poco a poco le traccie dei movimenti concomitanti che non si conformano allo scopo (1). Avviene, insomma, una specie di selezione nelle energie motrici: si sopprimono i movimenti inutili e si fissano e si organizzano stabilmente quelli appropriati. L'esercizio fa sì, ed è questo il suo effetto principale, che al primitivo e scompigliato abuso di forze ed alle inconsulte esplosioni sottentri un impiego economico e regolare delle energie motrici. A questo risultato certamente non si perverrebbe, se non esistessero dei meccanismi anatomici preformati e capaci di condurre, accumulare e trasmettere gli eccitamenti: ciò che manca è la connessione funzionale di siffatti meccanismi, che nei movimenti acquisiti si ottiene con l'uso ripetuto, vale a dire con l'esercizio (2). Così ci spieghiamo perchè il bambino, cui nei primordii dei suoi tentativi di scrittura era quasi necessaria la contemporanea mobilità della lingua, della faccia e perfino degli arti inferiori, riesca nell'età più adulta a significare speditamente i suoi pensieri coi movimenti isocroni del solo pugno sinistro; così pure ci spieghiamo perchè il pianista sia ora capace di muovere con rapidissima armonia le sue dita sui tasti dello strumento, fondendo in un solo istante l'impressione visiva del segno musicale, gli sforzi coordinatori degli atti muscolari, la nozione di ogni singolo impulso e della sua durata speciale nell'organo periferico: tutte cose che prima gli erano

(1) Du Bois-Reymond, *Ueber die Uebung* Rede gehalten zur Feier etc. am 2 August 1881. Berlin, 1881.

(2) Kussmaul, l. c.

Digitized by Google

costate grave fatica ed enorme dispendio di forze. La legge di associazione per contiguità governa pure le manifestazioni motrici della vita psichica e fa sì che i movimenti giungano a concatenarsi ed a richiamarsi l'un l'altro formando delle successioni seriali e quasi ritmiche.

Ma l'efficacia dell'esercizio nella scrittura non si spiega soltanto sulla parte motrice del sistema nervoso e quindi sugli apparecchi muscolari: essa educa nello stesso tempo le attività sensorie e psichiche propriamente dette, poichè la distanza e la forma delle lettere, la loro connessione in parole, gli intervalli fra le lettere e tra l'una e l'altra parola, la disposizione delle linee, la traduzione fedele dei pensieri nei simboli grafici, e tutti quei particolari che si convengono alla scrittura corretta non potrebbero essere convenientemente conservati se, per non dire altro, il senso visivo, il senso muscolare e l'intelligenza non partecipassero al meccanismo del linguaggio grafico, che alla fine, quando le attività psichiche, sensorie e motrici si sono organizzate in modo stabile, diviene del tutto incosciente. Collegando ripetute volte un atto percettivo od una idea ad un movimento di forma determinata, per legge psicologica succede che la manifestazione motrice finirà per compiersi fuori della volontà e della coscienza, appena la percezione o l'idea si presenteranno innanzi alla nostra mente. Gli esempi che ci offre la fisiologia sono infiniti, e possiamo citare quello della lettura ad alta voce recato dallo Spencer. Se la vista delle lettere stampate è stata in principio seguita dalla imagine dei suoni, e l'imagine dei suoni dai movimenti vocali, con lento esercizio in prosieguo la lettura diventa così rapida e così intimo il legame tra gli eccitamenti visivi e i moti fonetici che si

Digitized by Google

perde la coscienza del meccanismo funzionale, e si può leggere ad alta voce senza badare al suono delle parole ed ai pensieri che in esse vengono raffigurati.

Dopo tutto quello che si è detto parmi non siavi bisogno di altre considerazioni per dimostrare che la trama psicofisiologica del fenomeno della scrittura è sommamente complicata, e che solo per opera di un lungo esercizio e delle attitudini ereditate il cervello umano è divenuto quasi un organo automatico nel conservare e riprodurre la varietà infinita di imagini visive e motrici e nel rappresentarle all'esterno con simboli grafici.

Con non lieve difficoltà ciascuno può osservare sopra gli altri e sopra sè stesso come si vada a poco a poco organizzando la memoria nel meccanismo della scrittura, e come i movimenti muscolari, la cui associazione primitiva costò molta fatica, siansi così armonicamente collegati che la mano traccia rapida sulla carta i simboli delle nostre idee e gli impulsi cerebrali, senza il penoso accompagnamento dell'attenzione volontaria, corrono per le vie nervose con estrema agevolezza suscitando moti simultanei nei diversi gruppi muscolari dell'arto scrivente.

Sulla fisiologia della scrittura sono state eseguite molteplici ricerche, sia per vedere col metodo grafico i muscoli che vi prendono parte, sia per istudiare la forma dei vari segni ottenuti in condizioni diverse. Il Vogt ha fatto in proposito delle esperienze, le quali confermano che la sede precipua delle imagini delle lettere è l'emisfero sinistro del cervello per la grandissima rassomiglianza tra la scrittura ad occhi aperti e quella tracciata ad occhi chiusi con la mano destra, rassomiglianza che

Digitized by Google

aumenta con l'età e quindi con l'esercizio; ma queste esperienze nel medesimo tempo dimostrano, come vedemmo, l'influenza che ha la visione binoculare sulla direzione delle linee e sugli intervalli delle parole. Il Vogt studiò inoltre la scrittura litografica o a specchio, la quale non è altro che la scrittura propria della mano sinistra, perchè, oltre ai casi patologici, lo scritto fatto al rovescio con la destra e ad occhi chiusi non somiglia a quello eseguito in condizioni visive naturali, anzi molto spesso riesce impossibile tracciarlo, e perchè la mano sinistra compie dei segni quasi identici nella forma, sia che si faccia o no partecipare l'organo della vista. Però la scrittura si avvicina dippiù al tipo normale quando vien chiusa la sorgente delle impressioni luminose.

Ma io credo che siavi un mezzo più obiettivo e più scientifico per dimostrare il limite di perfezione, cui giunge la memoria organica nell'esercizio fisiologico della scrittura, ed è la misura del tempo applicata ai movimenti che dobbiamo eseguire nel disegno di una lettera o di una parola. Facendo scrivere per diverse volte una stessa frase, noi giudichiamo dalla grande somiglianza o dall'identità di forma nei vari spazi figurati che l'imagine dei segni si è stabilmente organizzata nei centri nervosi ed è tradotta all'esterno con la stessa veste. Nondimeno, se ben si noti, l'apprezzamento della forma per sè sola non è assolutamente sicuro, e basti pensare alle lievi oscillazioni individuali che ci accompagnano in simili giudizi. La memoria dei segni grafici, nel suo vero e proprio significato, se è comunemente desunta dalla forma degli spazi figurati, deve pur confrontarsi al criterio della celerità più o meno isocrona dei movimenti, la cui misura

Digitized by Google

non può esserci fornita che dal tempo: infatti io posso scrivere due parole formalmente identiche, ma diverse nella durata dei movimenti grafici. Giudichiamo adunque perfetto il meccanismo mnemonico della scrittura, quando le singole lettere o le parole combacino nelle varie proprietà degli elementi figurativi e nel tempo che si è impiegato per la funzione degli apparecchi muscolari, i quali devono descrivere quelle date imagini: così nelle nostre ricerche entrano come elementi indispensabili i due criteri della forma e della durata, l'uno più soggettivo che obiettivo e dipendente dall'educazione del senso della vista, l'altro del tutto impersonale ed assolutamente più corretto e più preciso.

Io credo di aver soddisfatto alle esigenze sperimentali del problema adoperando strumenti semplicissimi.

Con una penna comune, e nella posizione ordinaria di scrivere, sopra una piastra di metallo levigata e rettangolare traccio delle lettere, delle sillabe e delle parole. La penna e la lamina metallica per mezzo di fili conduttori sono in comunicazione con l'apparecchio cronometrico, il quale registra l'istante in cui la penna tocca la piastra di rame (chiusura del circuito elettrico) e l'istante in cui, compiuti con la mano i movimenti necessari alla formazione della lettera, della sillaba o della parola, la penna viene rapidamente allontanata dalla superficie di contatto (apertura del circuito).

Le mie esperienze, le quali assommano a parecchie migliaia, sono state fatte con lo scopo di valutare il tempo che s'impiega nel descrivere un medesimo spazio figurato in giorni ed anche in mesi diversi, adoperando nell'esecuzione materiale la celerità dei movimenti che si usa

Digitized by Google

dalla grande maggioranza delle persone esercitate quando si vuol vergare uno scritto qualsiasi. E siccome per ciascun simbolo le esperienze sono molte, così, confrontando le varie serie, possiamo determinare con un criterio assoluto, quale è quello fornitoci dal tempo, il grado di memoria organica nella formazione di uno stesso segno grafico. Sotto questo riguardo le mie esperienze furono instituite sopra lettere semplici, sia vocali che consonanti; sopra una stessa lettera ripetuta di seguito due, tre, quattro e sei volte; sopra parole simboleggianti nomi proprii e composte di varie sillabe. Per ragioni facili a comprendersi, nelle parole da me scelte mancano le lettere accompagnate da punti o da accenti, pei quali nella scrittura ordinaria si richiede un'interruzione durante la meccanica dei movimenti, interruzione, che essendo operata dai più, reca, come ha dimostrato il Javal, dei cangiamenti nella filettatura, che possiamo chiamare il tessuto connettivo delle lettere di una parola, e cagiona anche un ritardo notevolissimo, perchè vi abbisogna maggior tempo a mettere un punto sopra un *i* e riprendere il corso regolare e progressivo dei movimenti che a tracciare due o tre aste (1). Conservando poi nelle figure grafiche le medesime proporzioni dei filetti, del corpo, degli archi e delle connessioni e distanze fra le lettere, si può benissimo dal tempo trascorso osservare l'uniformità o no dei movimenti muscolari, che sono la parte fondamentale del meccanismo della scrittura. Questa ricerca vien fatta calcolando le oscillazioni delle singole cifre che compongono una data serie e valutando comparativamente l'errore

(1) Javal, *Le mécanisme de l'écriture*. Revue Scientifique, mai 1831.

Digitized by Google

medio nelle diverse serie sperimentali attinenti ad una medesima parola, sillaba o lettera. Lo stesso processo vale anche per la determinazione del tempo bisognevole a segnare sulla carta i segni grafici più elementari, che sono il punto e la virgola.

Prendendo poi come esempio tipico una parola, ho voluto da una parte studiare le possibili variazioni di tempo tra la scrittura eseguita ad occhi aperti e quella eseguita ad occhi chiusi; e dall'altra determinare quali cangiamenti nell'errore medio, tenuto conto delle rispettive durate, si verificano nella parola scritta con i movimenti ordinari in paragone della parola disegnata con movimenti più lenti, che si avvicinano a quelli proprii di una scrittura estetica o calligrafica.

Aggiungo che non ho trascurato il tentativo di provare sperimentalmente la superiorità dei movimenti di abduzione sopra quelli di adduzione nella mano destra, e di instituire alcuni confronti, sì per la forma che pel tempo, tra la rappresentazione grafica di uno stesso segno eseguito nel modo comune con le due mani, e fra la scrittura normale e rovesciata fatte ambedue con la mano sinistra.

Infine, per meglio rilevare i caratteri della memoria organica, feci alcune esperienze comparative fra il tempo di una parola scritta con la mano destra e il tempo necessario alla riproduzione mentale della stessa parola: anzi, a dir vero, estesi l'esperimento cronometrico ai singoli elementi componenti la parola, cioè alle lettere, e notai le differenze e gli errori medi, che debbono apparire nell'atto fisiologico della scrittura e nell'atto puramente psichico di riproduzione.

Digitized by Google

Come si vede, il campo delle mie ricerche, così molteplice e vario, è stato ideato con unità di scopo, che è quello di studiare per via obiettiva e sperimentale i fenomeni della memoria organica nel meccanismo della scrittura.

Esperienze sulle lettere.

Comincio anzitutto dai segni elementari dell'alfabeto, e scelgo le serie di esperienze che si riferiscono ad alcuni di essi nella loro doppia espressione di lettere piccole e maiuscole. Ripeto che ciascuna serie di esperimenti è stata fatta in giorni e talvolta in mesi diversi, di guisa che vi esiste una completa indipendenza; e se per riguardo alla forma del simbolo grafico posso garantire una perfetta corrispondenza anche dei più minuti particolari, per riguardo al tempo in cui furono eseguiti i movimenti muscolari mi basta di mettere sott'occhio i seguenti prospetti:

Digitized by Google

a) *Lettere semplici.*

Le cifre del tempo rappresentano millesimi di secondo.

SEGNI grafici	SERIE delle esperienze	NUMERO delle esperienze	MEDIA del tempo di scrittura	ERRORE medio	Differenza tra la massima e la minima
a	1ª	10	0.456	± 0.0106	0.039
	2ª	10	0.441	± 0.0100	0.046
	3ª	12	0.441	± 0.0105	0.043
	4ª	15	0.462	± 0.0092	0.041
	5ª	15	0.405	± 0.0120	0.047
	6ª	15	0.407	± 0.0110	0.059
	7ª	12	0.403	± 0.0094	0.038
	8ª	10	0.422	± 0.0149	0.044
m	1ª	12	0.543	± 0.0113	0.055
	2ª	15	0.537	± 0.0120	0.059
	3ª	12	0.508	± 0.0090	0.042
A	1ª	20	0.626	± 0.0130	0.058
	2ª	20	0.552	± 0.0114	0.056
	3ª	15	0.579	± 0.0100	0.045
	4ª	20	0.566	± 0.0164	0.063
M	1ª	15	0.624	± 0.0130	0.061
	2ª	15	0.671	± 0.0177	0.078

Altre esperienze fatte sulla stessa lettera sarebbero queste:

Digitized by Google

SEGNI grafici	SERIE delle esperienze	NUMERO delle esperienze	MEDIA	ERRORE
B	1ª	40	0.663	± 0.0175
	2ª	18	0.670	± 0.0210
	3ª	22	0.691	± 0.0189
	4ª	16	0.668	± 0.0170
	5ª	29	0.712	± 0.0118
G	1ª	10	0.602	± 0.0120
	2ª	30	0.151	± 0.0117

b) *Lettere multiple.*

SEGNI grafici	SERIE delle esperienze	NUMERO delle esperienze	MEDIA del tempo	ERRORE medio	Differenza tra la massima e la minima
aa	1ª	10	6.757	± 0.0190	0.061
	2ª	10	0.752	± 0.0190	0.065
	3ª	12	0.739	± 0.0178	0.059
	4ª	15	0.729	± 0.0189	0.065
aaa	1ª	10	1.148	± 0.0340	0.123
	2ª	12	1.159	± 0.0260	0.105
aaaa	1ª	10	1.556	± 0.0330	0.095
	2ª	12	1.540	± 0.0235	0.114
	3ª	15	1.550	± 0.0246	0.094
aaaaaa	1ª	12	2.335	± 0.0330	0.125
	2ª	20	2.320	± 0.0290	0.135
	3ª	20	2.392	± 0.0280	0.116
	4ª	13	2.332	± 0.0312	0.123

Digitized by Google

In tutte queste cifre noi possiamo ravvisare alcuni fenomeni degni di studio.

Prima di tutto, ciò che colpisce la nostra attenzione è la regolarità quasi perfetta del tempo, durante il quale la mano delinea i vari e complicati movimenti della scrittura. Si pensi che ciascuna serie di esperienze relative ad ogni singola lettera od a lettere duplicate, triplicate e via dicendo, è stata eseguita in giorni diversi da quelli delle serie analoghe: anzi fra talune di esse corre un intervallo di tre e perfino di quattro mesi. Inoltre, non solo rispetto al tempo medio di scrittura, ma rispetto alla variazione media od errore di ciascuna serie, vi è concordanza esattissima, la quale, tenuto conto della maggiore durata, è più completa nelle esperienze sopra le lettere multiple che nelle esperienze sopra le lettere semplici.

In secondo luogo, confrontando gli esperimenti sul tempo di scrittura della vocale *a*, troviamo che le medie si fanno due, tre, quattro e sei volte più grandi a misura che la vocale deve essere scritta due, tre, quattro, sei volte di seguito. Tuttavia non mi sembrano inutili alcune osservazioni in proposito.

Prendendo le medie aritmetiche dei tempi di *a*, *aa*, *aaa*, ecc. abbiamo press'a poco le seguenti cifre:

Per	*a*)	0.430
	aa)	0.745
	aaa)	1.150
	aaaa)	1.550
	aaaaaa)	2.345

Ora i multipli numerici di *a*, cioè di 0.430, sono progressivamente maggiori delle cifre che segnano la durata dei

Digitized by Google

multipli grafici della medesima vocale *a*, e la serie delle differenze in più potrebbe essere formulata in questo modo:

0.115
0.140
0.170
0.235

Come si spiega il fatto? Con attenta osservazione si nota che quando scriviamo di seguito due volte *a*, malgrado la forma della lettera sia identica e la rapidità dei movimenti appaia eguale come quando scriviamo quella lettera una sola volta, esiste tuttavia un lievissimo risparmio di tempo specialmente nella descrizione del tratto finale discendente dell'*a*, risparmio che si accresce con l'aumento del numero della lettera; e ciò è provato con evidenza dalle cifre. Se facciamo invece la somma dei precedenti, si ottiene con maggiore esattezza il numero che corrisponde al susseguente.

Infatti:

$$0.430 + 0.745 = 1.175$$

che è quasi eguale alla durata di *aaa* (1.150).

Indi:

$$1.150 + 0.430 = 1.580$$

che sarebbe la durata propria di *aaaa* (1.550).

E finalmente:

$$1.550 + 0.745 = 2.295$$

Digitized by Google

che è il tempo di scrittura di *aaaaaa* (2.345), il quale si ottiene anche sommando i valori medi di *a*, *aa* ed *aaa* (0.430 + 0.745 + 1.150 = 2.325) o moltiplicando per due il valore di *aaa* (1.150 × 2 = 2.300).

Questi calcoli aritmetici elementari dimostrano, parmi, a chiarissime note, che i tempi della scrittura aumentano in proporzioni corrispondenti a misura che il segno grafico deve essere espresso un numero di volte doppio o triplo; ma gli errori o variazioni medie non seguono questa legge, cioè non crescono in ragione diretta coll'aumento dei tempi relativi. Se la legge si verificasse anche in quest'ultimo caso, dovrebbe l'errore medio dell'ultima serie sperimentale *aaaaaa* essere molto più grande di quello che è. Non è molto difficile trovare la ragione del fenomeno, e vi torneremo in seguito dopo di avere esposto i risultati cronometrici ottenuti sulla scrittura delle parole.

Esperienze sulle parole.

Le esperienze sulle parole, le quali costituiscono i veri materiali della scrittura, hanno un'importanza maggiore delle precedenti.

Ho scelto alcune parole, che significano nomi proprii e che spesso ci accade di scrivere: ad esempio *Dante*, *Omero*, *Roma*, *Alessandro*, *Colombo*. Sono parole, che come mille altre presentano più o meno la medesima facilità nella esecuzione grafica. Altre invece, tolte da lingue straniere, riescono, s'intende in senso relativo, alcun poco difficili, non tanto perchè si ha l'abitudine di non scriverle frequentemente, quanto perchè abbondano di consonanti non affini alla parola italiana per il loro aggruppamento

Digitized by Google

e per l'espressione fonica, le quali impediscono la rapida ed armonica coordinazione dei movimenti: cito ad esempio le parole *Humboldt* ed *Helmholtz*. Ma in seguito, abituandosi con l'esercizio e con la pratica speciale che fornisce il modo con cui sono condotte le nostre esperienze, avviene che, per l'organizzazione della memoria dei segni grafici, la scrittura della parola non incontrerà nessun ostacolo nel registrare le imagini con i movimenti, i quali alla fine dovranno prodursi con precisione ed esattezza. Ed il fatto conferma appieno l'ipotesi.

Ecco raccolti i risultati delle mie esperienze:

PAROLE SCRITTE	SERIE delle esperienze	Numero delle esperienze	Media	Errore medio	Massima	Minima
Dante	1ª	20	1.742	0.0232	1.806	1.660
	2ª	20	1.755	0.0240	1.811	1.706
	3ª	23	1.773	0.0239	1.822	1.724
Roma	1ª	32	1.793	0.0233	1.866	1.744
	2ª	30	1.849	0.0240	1.930	1.788
Omero	1ª	20	1.612	0.0238	1.666	1.567
	2ª	26	1.641	0.0180	1.683	1.607
Colombo	1ª	25	2.300	0 0260	2.413	2.238
	2ª	25	2.370	0.0320	2.450	2.251
	3ª	25	2.343	0.0336	2.424	2.269
	4ª	15	2.413	0 0329	2.463	2.331
Alessandro	1ª	30	3.100	0.0245	3.180	3.038
	2ª	20	3.023	0.0244	3.071	2.985

Digitized by Google

Le cifre del prospetto offrono un andamento regolarissimo, le cui oscillazioni sono appena tali da non essere tenute in conto. Ma ciò che più sorprende non è tanto la eguaglianza nella durata dei movimenti grafici delle singole parole, quanto la corrispondenza tra le variazioni od errori medi di ogni serie.

L'uniforme regolarità dei singoli esperimenti risalterebbe ancor meglio, se di ogni parola mettessi sott'occhio del lettore le variazioni del tempo grafico disposte secondo il metodo delle serie. Sceglierò come esempio le parole *Dante* e *Colombo*, aggiungendo ai numeri effettivi anche le proporzioni percentuali.

Variazioni del tempo grafico.

Dante.

Tempo	Numeri effettivi — Serie 1ª	2ª	3ª	Proporzioni percentuali — Serie 1ª	2ª	3ª
1.651 — 1.700	2	—	—	8	—	—
1.701 — 1.750	10	10	5	50	50	21.7
1 751 — 1.800	7	8	13	35	40	56.5
1.801 — 1.850	1	2	5	5	10	21.7

Colombo.

	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
Al di sotto di 2.250	2	—	—	8	—	—
2 251 — 2.300	10	1	3	40	4	12
2.301 — 2.350	12	7	12	48	28	48
2.351 — 2.400	—	12	8	—	48	32
2.401 — 2.450	1	5	2	4	20	8

Digitized by Google

I risultati poi delle esperienze sulle parole *Humboldt* ed *Helmholtz* hanno un significato assai notevole per l'esercizio della scrittura, dimostrabile sopratutto dalla progressiva diminuzione degli errori seriali (1):

Parole Scritte	SERIE delle esperienze	Numero delle esperienze	Media	Errore medio	Massima	Minima
Humboldt	1ª	20	3.098	0.0450	3.186	2.952
	2ª	25	3.244	0.0370	3.364	3.157
	3ª	27	3.291	0 0321	3.368	3.162
Helmholtz	1ª	13	3.315	0.0540	3.396	3.200
	2ª	13	3.330	0.0340	3.397	3.267
	3ª	25	3.271	0.0294	3.360	3.188
	4ª	23	3.280	0.0305	3.346	3.212

La prima serie nell'una e nell'altra parola differiscono dalle serie consecutive per l'alta cifra che raggiunge l'errore medio. Chiunque si metta a scrivere per molte volte di seguito ed a brevissimi intervalli quelle due parole, è necessario che, per ottenere l'esattezza di forma e di tempo della scrittura comune nelle esperienze che compongono una serie, faccia attenzione sulle varie lettere, dalla cui unione risulta la parola; e cotesta partecipazione cosciente

(1) Avverto che in tutti gli esperimenti il taglio trasversale della lettera *t* è fatto in basso.

Digitized by Google

dei fattori psichici è causa d'incertezze. Se potessi qui rappresentare con una tavola grafica l'andamento delle singole esperienze, si vedrebbe che mentre nella prima serie la curva soffre oscillazioni assai rilevanti, nelle altre invece le oscillazioni sono minori, ed i saggi di scrittura, specialmente attinenti alla parola *Helmholtz*, non si differenziano affatto per la quantità dell'errore dai saggi già registrati di altre parole.

La grandezza dell'errore medio e la conseguente diminuzione si spiega con le cause che ho accennato, e ricordo tuttora che le prime volte in cui mi provai a scrivere sulla lastra di rame le due parole *Humboldt* ed *Helmholtz*, volendo far presto e bene come in tutte le altre esperienze, sentii un certo sforzo nel coordinare i movimenti muscolari, anzi in taluni casi mi accadde di saltare qualche consonante o di tracciarla confusamente. Di questi risultati erronei non tenni conto nel computo delle medie, nè mi venne fatto di incorrervi negli esperimenti posteriori, poichè, avendo acquistato esercizio nel trascrivere molte volte quei due nomi sulla carta, la trasformazione dell'imagine in simbolo nei saggi definitivi sopra la lamina di rame compivasi con la medesima agevolezza, con la quale avrei potuto esprimere un'altra parola d'uso comune e già organizzata nella memoria. Così gli errori medi si fecero più piccoli e toccarono i confini, intorno ai quali oscillano con certa costanza gli errori delle esperienze sul tempo di scrittura di altri nomi.

E qui appunto mi cade opportuno di fare alcune osservazioni.

Gli errori medi, cui abbiamo attribuito un'importanza capitale in tutte le ricerche psicometriche, perchè essi

Digitized by Google

rappresentano l'indice regolatore dei fenomeni, sono compresi entro limiti ben definiti nelle presenti esperienze sulla durata dei segni grafici.

In generale, la grandezza dell'errore medio, pel concorso di varie circostanze, non sta in proporzione diretta con la grandezza del tempo che s'impiega a scrivere una lettera. Da numerosi saggi sperimentali, che qui non posso riprodurre, instituiti in condizioni sempre identiche, sopra tutte le lettere dell'alfabeto, mi risulta che non sempre il minimo della durata nell'esecuzione di una lettera, sia maiuscola che minuscola, confrontata con le altre lettere, si accompagna al minimo dell'errore medio. Inoltre ho potuto verificare che due lettere, le quali hanno presso a poco lo stesso tempo grafico, non mostrano sempre un'equivalente variazione media. Se fra le lettere dell'alfabeto minuscolo trovo ad es. che l'*i*, l'*o*, la *v* sono quelle che richiedono una durata più piccola ed hanno, si noti bene, per l'estrema facilità con cui possono essere disegnate sulla carta, un minimo di errore; trovo pure che l'*s*, che ha un tempo uguale a quello della vocale *a*, o l'*y* che è uguale ad *m*, presentano delle variazioni più rilevanti di *a* e di *m*. Il medesimo fenomeno con intensità più grande si osserva nelle lettere maiuscole, per le quali si esige maggior copia ed estensione di movimenti muscolari: e mi basti, oltre agli esempi già sopra riferiti, citare l'*N*, il cui tempo di scrittura è quasi identico a quello della *D*, mentre il suo errore medio è più piccolo della metà. La ragione precipua del fenomeno è tutta meccanica, dipende cioè dalla natura particolare dei movimenti, che nelle diverse lettere, e principalmente nelle maiuscole, ora sono più semplici e spediti, e per conseguenza più isocroni, ora

Digitized by Google

al contrario offrono, benchè piccolissima, una certa resistenza massime nelle curve di adduzione (1).

Ma il criterio sugli errori medi delle singole lettere non può applicarsi con la stessa misura agli errori medi delle sillabe e molto meno delle parole, le quali nella nostra memoria hanno un'organizzazione più stabile delle lettere: onde se il tempo grafico di una parola possiamo supporlo quasi eguale al tempo grafico dei singoli elementi che la compongono, la variazione media invece, pur crescendo in senso assoluto, relativamente però all'enorme aumento della durata è piccolissima. Basti il confronto tra gli errori medi della lettera *A* e della parola *Alessandro*, che è costituita, insieme all'*A*, di dieci lettere. V'è ancora di più: noi dobbiamo tenere moltissimo conto dei caratteri,

(1) Anche nelle cifre ottenute sul tempo di scrittura dei numeri cardinali ricaviamo i medesimi risultati, che trascrivo integralmente:

NUMERI	ESPERIENZE	MEDIA	ERRORE
1	12	0.237	± 0.0073
2	12	0 277	± 0 0100
3	12	0 393	± 0.0113
4	12	0.342	± 0.0096
5	12	0.361	± 0.0140
6	12	0.267	± 0.0080
7	12	0 291	± 0.0090
8	12	0.306	± 0.0084
9	12	0.360	± 0.0075
10	12	0.459	± 0.0110

Il numero 1 e il 0 del 10 sono uniti con sottilissimo filetto.

Digitized by Google

pei quali una parola ed una lettera si differenziano cronometricamente, cioè della variabilità numerica nelle diverse serie sì rispetto al tempo medio che alla variazione od errore. La variabilità di cui parliamo è minima sempre, ma nelle parole ed in genere nelle lettere multiple in proporzione è assai meno sensibile che nelle lettere semplici. Bisogna riflettere che nel nostro cervello l'imagine delle lettere isolate non costituisce il linguaggio scritto, dello stesso modo come l'imagine degli elementi acustici, onde si compone una parola, non è il linguaggio articolato. Noi pensiamo sempre con imagini composte, e traduciamo le nostre idee con parole: quindi la parola, sebbene sia un complesso di lettere, ha radici più profonde e più organiche, e quando vogliamo obiettivarla nello spazio figurato si riscontra che la memoria della forma e dei movimenti impressi ai nostri muscoli è più fedele che non la memoria analoga delle semplici lettere. Il fenomeno è confermato dall'errore medio, che nelle lettere multiple si rende visibilmente ed in senso relativo assai più piccolo, tosto che la quantità dei simboli si avvicina al numero, di cui suol essere costituita una parola (1).

Nelle lettere semplici poi l'errore medio ha un limite minimo, che ho potuto valutare sperimentalmente, ed è $\pm$ 0,0060. Sono riuscito a questo calcolo esercitandomi per lunga pezza a scrivere le quattro vocali *e*, *i*, *o*, *u*, che nelle esperienze comparative ed estese a tutte le lettere dell'alfabeto mi avevano già dato i risultati più uniformi per le loro speciali e facili condizioni grafiche. Dopo mol-

(1) L'errore medio di *aa*, tenuto conto delle rispettive durate, è più alto del congenere degli altri multipli di *a*. Ho trovato poi che in altre lettere doppie, il cui tempo grafico è compreso tra i 650 e

Digitized by Google

tissimi saggi ripetuti, registrai sulla lamina metallica i tempi di scrittura in due giorni diversi, ed ottenni le seguenti cifre, talune delle quali rappresentano appunto il minimo errore cui sia arrivato.

		Esperienze	Media del tempo	Errore medio	Massima	Minima
1ª SERIE	*e*	12	0.275	± 0.0080	0.290	0.260
	i	12	0.203	± 0.0030	0.219	0.195
	o	12	0.250	± 0.0075	0.272	0.235
	u	12	0.380	± 0.0070	0.393	0.369
2ª SERIE	*e*	12	0.280	± 0.0095	0.294	0.255
	i	12	0.214	± 0.0064	0.231	0.201
	o	15	0.236	± 0.0098	0.251	0.214
	u	12	0.379	± 0.0090	0.393	0.360

gli 850 millesimi di secondo, l'errore medio oscilla da 0.0130 a 0.0180.

Ecco alcuni esempi:

	Media	Errore
ab	0.758	0.0158
ba	0.854	0.0181
eb	0.624	0.0150
be	0.660	0.0130

Sul tempo di scrittura delle tre vocali *aeu*, ho avuto i seguenti risultati:

Media	0.879
Errore	0.014

I singoli valori grafici erano così distribuiti:

Al disotto di 0.850 —	N° delle esperienze	1
Da 0.851 — a 0.875 —	»	12
Da 0.876 — a 0.900 —	»	16
Da 0.901 — a 0.925 —	»	3

Digitized by Google

E che il limite minimo dell'errore medio sia quello da me stabilito, cercai provarlo con altro mezzo, adoperando la registrazione cronometrica del punto e della virgola, che fanno parte della scrittura ordinaria, ne sono l'elemento più facile ad eseguirsi ed hanno una durata piccolissima. Or bene anche in queste ricerche, che a prima giunta non dovrebbero palesare variazione, ho potuto verificare che l'errore medio esiste e non si abbassa al di sotto dei confini già segnati.

Tanto sul punto che sulla virgola, dopo non breve esercizio preventivo, feci alcune serie di esperienze: le prime due rappresenterebbero la durata propria nelle condizioni grafiche ordinarie di questi, che chiamerei, elementi figurativi embrionali; nelle altre in cambio usai movimenti della penna alquanto più rapidi di quelli che sogliono usarsi abitualmente. I risultati sono qui riassunti:

Punto.

SERIE	NUMERO delle esperienze	MEDIA	ERRORE
1ª	15	0.082	± 0.0060
2ª	20	0.093	± 0.0038
3ª	17	0.074	± 0.0067
4ª	15	0.073	± 0.0065

Virgola.

1ª	15	0.130	± 0.0070
2ª	15	0.118	± 0.0070
3ª	15	0.085	± 0.0078

Digitized by Google

Per le parole, anche abbastanza lunghe, i lettori hanno già veduto quali siano i confini che circoscrivono l'errore medio (1).

Proseguendo oltre nello studio cronometrico, devo ora fare a tocchi rapidi l'esposizione di nuove serie di esperimenti. Ed anzitutto intendo parlare delle ricerche comparative tra una medesima parola scritta ad occhi aperti e ad occhi chiusi.

Ognuno di noi può verificare sopra di sè stesso, a meno che non abbia fatto lunghi e continuati esercizi, come la parola scritta con gli occhi chiusi non sia perfettamente uguale a quella che tracciamo nelle condizioni normali. Più che nella forma delle lettere, la dissomiglianza consiste nella direzione delle linee, negli intervalli e nelle

(1) Posso aggiungere anche il risultato di 27 esperienze di scrittura del mio cognome:

Media	2.223
Errore	± 0 0298
Massima	2.292
Minima	2.165

La disposizione seriale dei valori numerici è questa:

2.165 — 2.200 —	N° delle esperienze	8
2.201 — 2.250 —	»	11
2.251 — 2.300 —	»	8

Aggiungerò inoltre che la parola *Garibaldi* scritta senza puntini sull'*i* diede una media di 2.875 ed un errore di ± 0.0320.

Le variazioni dei singoli tempi di scrittura si disponevano così:

2.801 — 2.850 —	N.° delle esperienze	5
2.851 — 2.900 —	»	9
2.901 — 2.950 —	»	5
al disopra di 2.950 —	»	1

Digitized by Google

commisure che devono collegare una lettera all'altra. L'errore che ne consegue è grande, e risalta viemmaggiormente dal giudizio tutto obiettivo e sperimentale, che desumiamo dalla misura del tempo, anzichè dalla semplice osservazione della forma grafica. Le esperienze che ho fatte in proposito sono di un'evidenza significante, e rivelano certi aspetti del fenomeno, che sarebbero sfuggiti se mi fossi affidato al solo criterio formale.

Io ho scritto ad occhi aperti la parola *Alessandro*, e dopo una mezz'ora ho ripetuto graficamente la medesima parola con gli occhi chiusi, ponendo fra un'esperienza e l'altra un piccolo intervallo di tempo bastevole a non affaticare l'attenzione.

Ecco le esperienze:

Alessandro.

(Durata della scrittura ad occhi aperti)

3.024	3.065
2.994	3.040
3.055	3.061
3.000	3.017
3.064	3.004
3.035	3.039
3.021	3 022
2.985	2.902
2.997	2.988
3.071	2.993

Media generale . . . 3.023

Variazione media . ± 0.024 4

Cifra massima 3 071
Cifra minima 2 985

Differenza . . . 0.083

Digitized by Google

Alessandro.

(Durata della scrittura ad occhi chiusi)

2.874	2.943
2.921	2.997
2.915	3.007
2.911	3.018
2.901	—
3.140	3.082
3.202	—
—	3.026
3.038	3.042
3.045	2.990
3.030	3.000
	3.070

Media generale. . . .	3.010
Variazione media .	± 0.0642
Cifra massima	3.202
Cifra minima	2.874
Differenza . . .	0.328

La differenza tra le due serie di esperimenti è così chiara che non ho bisogno di molte parole per dimostrarla. Nella prima la regolarità delle singole cifre è sorprendente e ne deriva per ragione naturale la piccolezza numerica della variazione media (± 0.0244), e la differenza poco apprezzabile tra le due cifre che stanno agl'i estremi della scala cronometrica. Invece nella seconda l'oscillazione tra le singole esperienze è sensibilissima, la variazione media raggiunge un valore quasi triplo della prima, e la differenza tra la massima e la minima è circa

Digitized by Google

quattro volte maggiore. Potrei riprodurre altre serie di esperimenti, e tutte più o meno conducono al medesimo risultato, il quale non è altro che una conferma luminosa dell'influenza che la visione binoculare dispiega sul meccanismo della scrittura.

Aggiungo inoltre che nelle presenti ricerche ad occhi chiusi la parola *Alessandro* fu scritta dopo che m'ero esercitato a tracciarla per venti volte di seguito e con somma facilità tenendo gli occhi aperti, e che durante le prove sperimentali avvertii un certo senso di penosa difficoltà meccanica e pschica nella formazione grafica di quella parola, specialmente delle tre ultime consonanti: infatti, i tratti di linea, interpolati nella serie, indicano l'insuccesso delle corrispondenti esperienze. Da ultimo faccio rilevare una particolarità meritevole di nota, ed è che, dopo tante oscillazioni numeriche ed errori nella scrittura, le cifre sperimentali, in forza dell'abitudine e dell'esercizio, assumono nelle ultime prove un andamento regolare e si avvicinano molto alla durata media della parola scritta in condizioni ordinarie.

Quasi le medesime considerazioni dovrei fare per riguardo agli esperimenti sulla durata di una stessa frase eseguita con due speciali modi di movimento: l'uno, che chiameremmo normale, proprio della scrittura epistolare e comunissimo nella pratica giornaliera; l'altro meno abituale del primo, più lento e quasi proprio della scrittura calligrafica.

Reco ad esempio il nome *Roma*. Con la scrittura comune, fra trentadue esperienze, ottenni delle cifre numeriche comprese tra questi limiti:

Digitized by Google

Quantità di tempo		N.° delle esperienze
Al di sotto di	1.750	1 (1.744)
Da	1.751 a 1.800	23
»	1.801 a 1.850	7
Al di sopra di	1.851	2
	Totale	N.° 33

Media	1.793
Errore medio	± 0.0233
Cifra massima	1.866
Cifra minima	1.744
Differenza	0 122

La medesima parola invece scritta con movimenti più tardi diede i tempi, che trascrivo nella loro integrità:

Roma

(scrittura lenta)

3.617	3 587	3.721
3.538	3.472	3.800
3.500	3.610	3.496
3 437	3.880	3.751
3.597	3.586	3 572
3.700	3.270	

Media generale	3.583
Errore medio	± 0.101
Cifra massima	3.880
Cifra minima	3.270
Differenza	0.610

Digitized by Google

La enorme variabilità dei valori numerici di queste ultime esperienze è così manifesta che risalta di un tratto all'esame più superficiale. Solo io intendo richiamare l'attenzione sull'immensa importanza che nel meccanismo mnemonico della scrittura dispiega la durata dei movimenti muscolari. A descrivere uno stesso spazio figurato, identico o quasi identico nella forma, come nel caso nostro, si può impiegare un tempo diverso: però la scrittura eseguita con la celerità dei movimenti, che chiameremo comuni, presenta, e ne abbiamo già dato le prove, errori piccolissimi, i quali non dimostrano altro che il perfetto isocronismo del fenomeno; mentre la parola tracciata con movimenti più tardi, come difficilmente si sperimentano nella pratica abituale, dà, anche per rapporto all'accresciuto valore delle cifre, errori molto alti, che indicano la deficienza dell'automatismo grafico. Si paragonino quest'ultime esperienze a quelle di sopra ricordate, in cui la durata media del tempo di scrittura ha un'espressione numerica quasi eguale, e si vedrà la grande differenza che passa fra i loro errori o variazioni medie. Si confrontino infine direttamente i risultati sperimentali della stessa parola *Roma* scritta con movimenti diversi: la media della scrittura comune è 1.793 ed il suo errore 0.0233; la media della scrittura meno rapida è 3.586 e l'errore medio 0.101. Facendo una proporzione troviamo che:

$$1.793 : 3.586 = 1 : 2$$
$$0.0233 : 0.101 = 1 : 4,33,$$

ossia che mentre la durata media si fa doppia, l'errore cresce più di quattro volte: e tutto ciò parmi che giustifichi abbastanza il mio pensiero.

Digitized by Google

Nella scrittura, invece, eseguita con movimenti più celeri di quelli usati abitualmente, l'errore medio del tempo grafico è quasi identico all' errore che abbiamo trovato nel tracciare i segni con l' ordinaria velocità. Mi basti citare le parole *Roma* ed *Helmholtz*.

Roma

(scrittura celere)

Media	1.664
Errore	± 0.0210
Massima	1.728
Minima	1.613

VARIAZIONI DEL TEMPO GRAFICO.

1.601 — 1.650	-- N.° delle esperienze	8
1.651 — 1.700	— »	16
1.701 — 1.750	— »	1

Helmholtz

(scrittura celere)

Media	3 175	25 esperienze
Errore	± 0.0338	
Massima	3.267	
Minima	3.077	

Infine, a complemento delle presenti ricerche, devo riassumere altri risultati sperimentali, che mi sembrano di qualche valore.

Ho fatto delle esperienze comparative tra un simbolo scritto nella forma e direzione ordinaria sì con la mano

Digitized by Google

destra che con la mano sinistra, e scelsi per maggiore facilità i numeri cardinali 1, 2, e 3, ingegnandomi di eseguirli con la sinistra nello stesso tempo e possibilmente in forma consimile. Per questa ragione ho dovuto con la destra rallentare alcun poco i movimenti, e le cifre che riproduco, confrontate con le congeneri che riferii di sopra, lo confermano appieno anche nel lievissimo aumento che ha subito la variazione media. Considerando le esperienze dal punto di vista formale, dirò che tra le cifre segnate con la destra e quelle scritte con la sinistra v'è, come ciascuno può osservare sopra di sè medesimo, molta dissomiglianza, specialmente nelle estensione delle curve e nelle proporzioni generali del corpo del numero. La sola cifra *1* fa in qualche modo eccezione. A questa dissomiglianza di forme corrispondono analoghe differenze nella durata del tempo, le quali sono tanto più sensibili, quanto più sono complicati i movimenti grafici. I numeri raccolti nel prospetto ne costituiscono una prova evidentissima:

Scrittura normale (1).

Mano destra			Mano sinistra		
CIFRA numerica	MEDIA del tempo	ERRORE	CIFRA numerica	MEDIA del tempo	ERRORE
1	0.318	± 0.0120	*1*	0.410	± 0.0326
2	0.343	± 0.0093	*2*	0.507	± 0.0393
3	0.426	± 0.0139	*3*	0.689	± 0.0722

(1) Le esperienze con la mano sinistra furono eseguite sempre dopo quelle con la mano destra.

Digitized by Google

Proporzionando a cento i valori delle medie e degli errori in ciascuno dei numeri scritti con la mano destra e con la sinistra, otteniamo:

$$1 \begin{cases} 0.318 : 0.410 = 100 : 129 \\ 0.0120 : 0.0326 = 100 : 272 \end{cases}$$

$$2 \begin{cases} 0.343 : 0.507 = 100 : 147 \\ 0.0093 : 0.0393 = 100 : 422 \end{cases}$$

$$3 \begin{cases} 0.426 : 0.689 = 100 : 161 \\ 0.0139 : 0.0722 = 100 : 519 \end{cases}$$

Poi volli con la mano sinistra tentare alcune esperienze di confronto tra la scrittura litografica ad occhi chiusi, e la scrittura diritta comune ottenuta nelle condizioni visive normali. Gli esperimenti, a dir vero, son pochi e rapprenterebbero un semplice tentativo di ricerca: nondimeno i risultati generali avuti dalla esecuzione di uno stesso simbolo, il numero cardinale *3*, concorrono ad appoggiare le idee che ho esposto nelle pagine precedenti. Avrei trovato che la scrittura a specchio, per tutto ciò che si riferisce alla parte grafica, nei vari saggi è più uniforme e corretta della congenere scrittura ordinaria; ma, quel che è più, riguardo alla durata e agli errori medi occorsi nelle due serie di esperimenti, i rapporti, del cui valore indiscutibile niuno può dubitare, potrebbero formularsi con la proporzione matematica seguente: la durata della scrittura litografica sta alla durata della scrittura normale come 100 : 105, e l'errore medio della prima sta all'errore medio della seconda come 100 : 160.

Il lettore può da sè apprezzare il significato importantissimo che si racchiude nelle cifre or ora enunciate.

Digitized by Google

Da ultimo, a comprovare per via obiettiva e sperimentale la superiorità dei movimenti di abduzione sopra quelli di adduzione nella mano destra, eseguii alcune ricerche semplicissime.

Nella lamina metallica tirai due segni paralleli e perpendicolari al margine inferiore di essa. Questi due segni contenevano uno spazio rettangolare della larghezza di 3 $^1/_2$ centimetri. Con la penna io scriveva un tratto trasversale, uniforme nel moto e continuo nell'estensione, che avesse per limite i due segni di ritrovo, sui quali cadeva a perpendicolo. Dopo il primo tratto se ne doveva tracciare un secondo, un terzo e via di seguito, adoperando o sforzandomi di adoperare sempre la stessa celerità nei movimenti della penna. Siccome la lamina metallica e la penna comunicavano con l'apparecchio cronometrico, potevasi senza difficoltà registrare la durata della formazione delle linee trasversali.

In una prima serie di esperimenti le linee erano tracciate mercè movimenti di abduzione dell'arto, in un'altra invece da movimenti di adduzione, ossia da destra a sinistra: le linee, insomma, erano tirate l'una in senso inverso dell'altra.

Ora, senza pur attendere ai risultati cronometrici, ciascuno, mettendosi in condizioni eguali alle mie, può osservare che mentre nei movimenti di abduzione havvi una celerità in apparenza costante, l'equilibrio di innervazione motrice è fedelmente mantenuto e le linee decorrono in perfetto parallelismo; per contrario i movimenti di adduzione non si avverano con costanza uniforme, gli impulsi motori non sono trasmessi con equanime intensità ed il più spesso trascinano l'arto ad una corsa rapida, e la

Digitized by Google

forma delle linee non conserva sempre il carattere delle rette parallele. Cotale giudizio presupposto è confermato dal suggello dell'esperienza, e ne siano prova le seguenti cifre:

Tracciamento di una linea retta (1).

Con movimenti di abduzione		Con movimenti di adduzione	
Durata media	0.745	Durata media	0.693
Errore medio	± 0.0220	Errore medio	± 0.0410
Massima	0.792	Massima	0.831
Minima	0.703	Minima	0.576
N.° delle esperienze	18	N.° delle esperienze	22

Le conchiusioni che possiamo dedurre dalle cifre numeriche sono queste: il movimento di adduzione non è regolare, la sua media è compresa tra confini molto estesi, la differenza tra la massima e la minima supera del triplo la differenza congenere delle cifre di abduzione, e l'errore medio è quasi maggiore del doppio.

(1) Credo opportuno di segnare i limiti di tempo entro i quali oscillano le varie esperienze:

Movimenti di abduzione	Movimenti di adduzione
Da 0.701 — a 0.730 : 5 esperienze	Al di sotto di 0.600 : 1 esperienze
	Da 0.601 — a 0.630 : 1 »
Da 0.731 — a 0.760 : 9 »	Da 0.631 — a 0.660 : 3 »
	Da 0.661 — a 0.690 : 9 »
Da 0.761 — a 0.790 : 3 »	Da 0.701 — a 0.730 : 5 »
	Da 0.731 — a 0.760 : 3 »
Da 0.791 — a 0.800 : 1 »	Da 0.800 — a 0.831 : 3 »

Digitized by Google

A viemmeglio infine delineare i caratteri della memoria organica nel fenomeno della scrittura, darò termine al capitolo col mettere in rilievo le differenze che trascorrono tra la durata effettiva dei segni grafici e la durata della loro riproduzione.

Già nelle pagine antecedenti ho discorso della riproduzione delle percezioni, e molte cose dette troverebbero luogo nel problema di cui ora mi occupo. Qui però devo dire che trattasi in ispecial modo di rappresentazione di movimenti delle proprie membra, di ricordo cioè di sensazioni muscolari, fuori delle quali non possiamo raffigurarci alcun movimento. Ora è un fatto, e ne ha tenuto parola lo Stricker in alcune sue indagini, che il richiamare coteste sensazioni nello stato di quiete non è gradevole, poichè vi si accompagna sempre un certo sforzo, che è di grado diverso secondo le diverse rappresentazioni motrici, alle quali appartiene anche il meccanismo della scrittura (1).

E le mie esperienze comprovano l'assunto.

Scrivendo le parole *Dante* e *Omero*, di cui i lettori conoscono la durata, ho voluto determinare il tempo che sarebbe necessario perchè imaginassi la mia mano muoversi sulla lamina metallica e disegnare le varie lettere, onde sono composti quei nomi. Il tempo di riproduzione mi segnò sempre cifre più alte; e per non allungare di soverchio il discorso sulla esposizione dei valori numerici e sul modo con cui furono condotte le sperienze, dirò che indicando con 100 le durate reali grafiche delle parole

(1) STRICKER, *Studien über die Bewegungsvorstellungen*, pag. 12. Wien, 1882.

Digitized by Google

Dante ed *Omero*, trovai che le loro durate imaginarie potrebbero essere significate per *Dante* dal numero 134 e per *Omero* da 125.

Inoltre nella parola *Dante* volli determinare il tempo di riproduzione delle singole lettere immediatamente dopo che ne aveva stabilito il tempo effettivo di scrittura. Anche quivi la riproduzione ha una durata più lunga del fatto riprodotto, e pare anzi che la grandezza del tempo di riproduzione sia in rapporto proporzionale inverso col tempo impiegato a tracciare i vari segni grafici elementari.

Raccolgo nel seguente prospetto i valori numerici, affinchè il lettore possa acquistarne una chiara idea:

LETTERE	Tempo reale grafico	TEMPO di riproduzione	CIFRE proporzionate a 100
D	0.541	0.732	100 : 135
a	0.429	0.557	100 : 132
n	0.410	0.550	100 : 134
t	0.425	0.689	100 : 162
e	0.310	0.494	100 : 159

Gli errori medi del tempo obiettivo grafico di ciascuna lettera e del tempo mentale sono poi espressi da numeri, di cui a nessuno può sfuggire il significato.

	Errore medio del tempo reale grafico	Errore medio della imagine
D	± 0.0130	± 0.0378
a	± 0.0112	± 0.0338
n	± 0.0095	± 0.0463
t	± 0.0073	± 0.0543
e	± 0.0086	± 0.0372

Digitized by Google

Facendo infine la somma dei singoli tempi reali delle lettere e delle durate di riproduzione, ho trovato che essa è maggiore nell'uno e nell'altro caso del tempo di tutta la parola scritta o riprodotta, ma relativamente è cresciuta di più la somma delle durate riproduttive.

A me pare che tutte queste esperienze potrebbero essere considerate sotto un altro aspetto: intendo parlare del senso del tempo, che ora è l'effetto di un processo quasi incosciente, come avviene nella scrittura di una lettera o di una parola, ora è l'effetto di un'operazione del tutto mentale e sottoposta all'attenzione volontaria. Non v'è bisogno che faccia lusso di molte parole per chiarire il mio pensiero. Il lettore può osservare di leggieri con indagini comparative quale e quanta differenza passi tra il senso del tempo dipendente da meccanismo fisiologico e da ragioni puramente psichiche. Riveda senz'altro le cifre di riproduzione raccolte innanzi e le confronti con quelle di analoga durata che si osservano in queste pagine, nelle quali ho studiato da un nuovo punto di vista il problema interessantissimo della memoria organica.

Digitized by Google

Digitized by Google

CAPITOLO XV

EPILOGO.

L'epilogo del libro è assai breve.

Noi abbiamo dimostrato che il processo psichico, sia elementare, come la semplice percezione di uno stimolo esterno, sia complesso, come l'atto del discernimento, della scelta, dell'associazione, della riproduzione mnemonica, è soggetto a misure calcolabili. La legge del tempo si applica a qualunque fenomeno della natura, e però anche ai fenomeni mentali, che la psicologia astratta e persino la scienza sperimentale della prima metà del secolo supponevano estemporanei.

Nel processo di reazione agli stimoli esterni dobbiamo distinguere, con un certo artifizio, due ordini di fattori: l'uno fisiologico (periodo latente sensorio e muscolare, trasmissione sensitiva e motrice nei nervi e nel midollo), l'altro psichico (percezione, appercezione ed impulso volitivo). Ma ripetiamo: distinguere i fattori secondo il carattere fisiologico e psichico è cosa puramente verbale. L'atto percettivo completo deve considerarsi, ed è in realtà, un atto inscindibile nei suoi componenti. E ne abbiamo fornito le prove.

La misura del tempo ci dimostra poi che le percezioni degli stimoli, che agiscono sui vari organi di senso, hanno costantemente un discorso cronologio diverso, il quale è

Digitized by Google

più piccolo ($^1/_8$ a $^1/_5$ di secondo) nei sensi psicologicamente superiori (udito, tatto, vista) ed è più grande nel gusto e nell'olfatto. In questi ultimi va tenuto conto della diffusione della sostanza eccitatrice.

Nella durata delle varie percezioni gli intervalli psicofisici occupano il maggiore spazio di tempo: ciò risulta principalmente dall'esame conparativo di un atto psichico con un atto reflesso spinale.

Alcuni momenti importantissimi, che chiamai « modificatori », influiscono sulla rapidità delle percezioni elementari.

I modificatori del tempo di reazione, secondo la loro natura e la loro origine, possono artificialmente dividersi in varie classi: 1°. *modificatori biologici:* (costituzione organico-psichica, grado di coltura, razza, età, sesso); 2.° *modificatori psichici*: (attenzione, esercizio, stanchezza, emozioni, dolori ecc.); 3.° *modificatori fisico-chimici*: (intensità degli stimoli, qualità degli stimoli, alimenti nervosi, sostanze farmacologiche, temperatura dell'ambiente esterno); 4.° *modificatori patologici:* (alterazioni dei centri nervosi e delle vie di conducimento della sensibilità e del moto).

In una di queste classi debbonsi annoverare le svariate forme di pazzia, cioè le malattie acquisite o congenite, che colpiscono direttamente la sede delle energie mentali ed hanno quindi un'influenza potentissima sul meccanismo cronometrico delle percezioni le più semplici.

Un altro fattore, che merita speciale riguardo e concorre a modificare il tempo di reazione, è il luogo in cui si dispiega l'eccitamento esterno. Esso va studiato nei due sensi estensivi, la vista e il tatto, e con particolar modo nell'ultimo, perchè si presta meglio alle indagini cronometriche. E l'esperienza dimostra che i punti dell'organo cu-

Digitized by Google

taneo, i quali hanno maggiore attitudine discriminativa, provocano percezioni più rapide di altri punti, che sono meno ricchi di senso di luogo.

Quando il processo psichico si complica, come avviene ad es. nella reazione con discernimento di due impressioni, la sua durata conseguentemente si accresce. Noi possiamo misurare per sè stesso e senza difficoltà l'atto necessario a discernere due o più stimoli esteriori, partendo dal semplice periodo fisiologico di reazione, e possiamo anche calcolare l'intervallo della scelta con un metodo analogo. Aggiungasi inoltre che se aumenta la quantità delle impressioni (colori, suoni ecc.) che devono essere distinte, il tempo psichico si fa più lungo. Così pure l'atto volitivo è relativamente breve dovendo scegliere fra il movimento e il riposo, ed è maggiore quando la scelta cade fra due movimenti.

Sul tempo del discernimento possiamo indurre delle variazioni, sia col mutare artificialmente lo stato di sensibilità dell'organo periferico, sia col sottoporre l'organismo nervoso alla influenza di alcune sostanze speciali, come l'alcool, l'etere etilico, il nitrito d'amile e il cloroformio. Lo stesso dicasi dell'atto di scelta. E coteste variazioni sono misurabili analogamente a quelle che abbiam visto prodursi nel semplice periodo fisiologico.

Ma l'analisi sperimentale si spinge ancora innanzi, ed è possibile ottenere la misura della durata di percezioni complesse, cioè del tempo bastevole ad appercepire vari eccitamenti esterni, quali i simboli grafici che rappresentano numeri, lettere, figure geometriche e così di seguito. In genere può dirsi che gli intervalli psichici aumentano con il complicarsi degli eccitamenti.

Dalle percezioni complesse si passa all'associazione delle

Digitized by Google

idee. Valutare il tempo perchè un'idea, contenuta in una parola che si pronunzia rapidamente, svegli per leggi associative un'altra idea, è un fatto assicurato dall'esperienza. L'intervallo ordinario dura in media 0.72, e diventa maggiore se il processo di associazione è meno abituale e più astratto dei comuni rapporti con cui le idee e le imagini sogliono concatenarsi l'una all'altra.

Finalmente abbiamo tentato uno studio dei fenomeni della memoria, sia nel loro aspetto psichico (riproduzione delle percezioni di movimento nello spazio visivo e tattile; senso del tempo), sia nel loro aspetto organico (scrittura delle lettere e delle parole).

Le riproduzione delle percezioni di movimento non corrisponde mai esattamente alla realtà: vi sono certe leggi che regolano i fatti mnemonici, e qui è inutile ripeterne i corollari. Nel calcolare poi quantità eguali di tempo si commettono degli errori, che stanno in proporzione diretta con le grandezze del tempo.

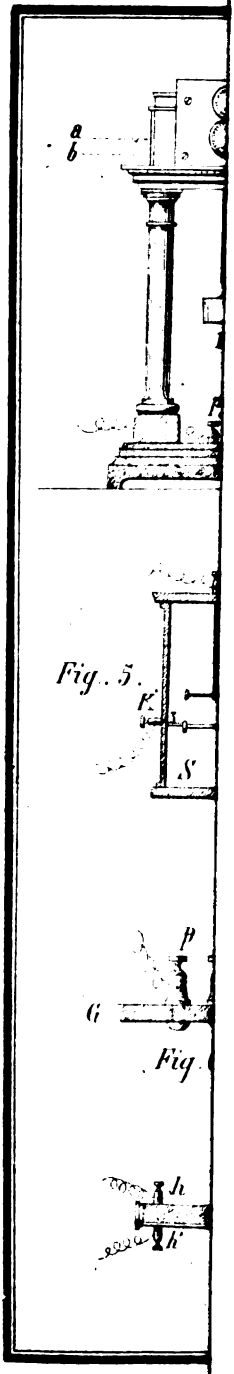
Ma se la memoria psichica è in qualche modo fallace, per contrario è meravigliosamente sicura la memoria organica, di cui abbiamo recato un largo numero di esempi tratti dal meccanismo della formazione dei segni grafici.

Così nel nostro studio, partendo dalle percezioni elementari e seguendo mano a mano l'evoluzione dei processi psichici, siamo giunti agli atti incoscienti o di memoria organica. L'unità delle molteplici ricerche a noi sembra sia stata mantenuta; nondimeno resta ancora molto a fare nel campo immenso dei fenomeni del pensiero, e la psicologia sperimentale conserva per l'avvenire nuove e feconde scoperte.

FINE.

Digitized by Google

BUCCOLA : Mis



Digitized by Google

Digitized by Google

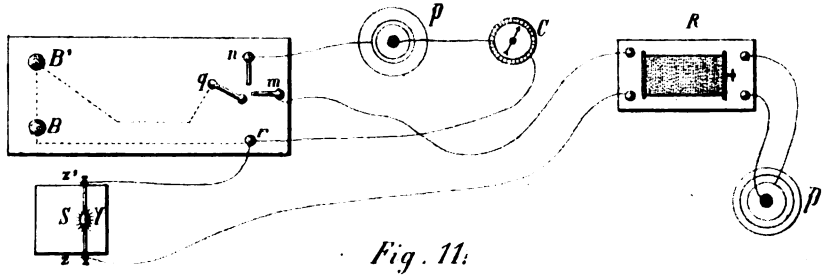


Fig. 11.

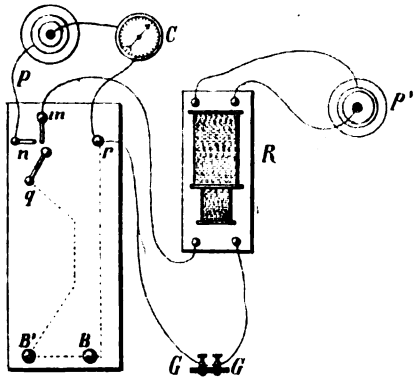


Fig. 12

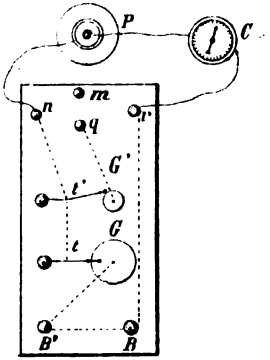


Fig. 13

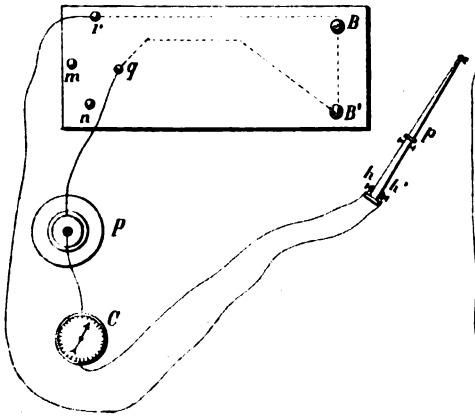


Fig. 14

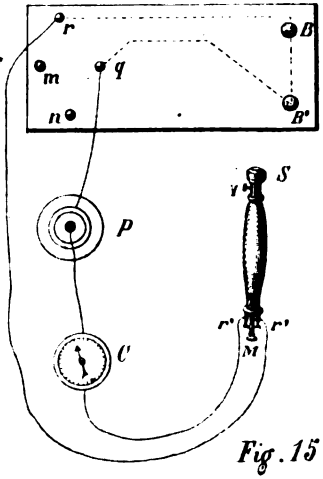


Fig. 15

Digitized by Google

Digitized by Google

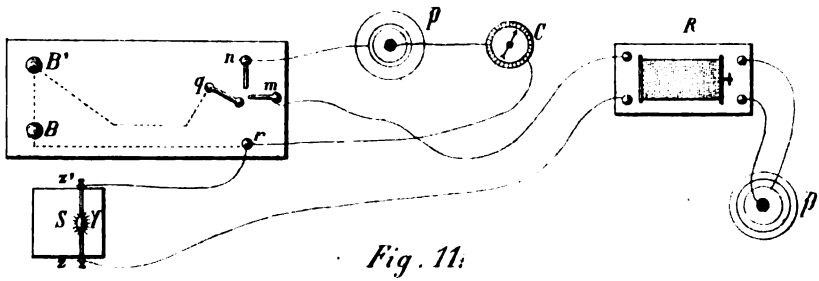


Fig. 11.

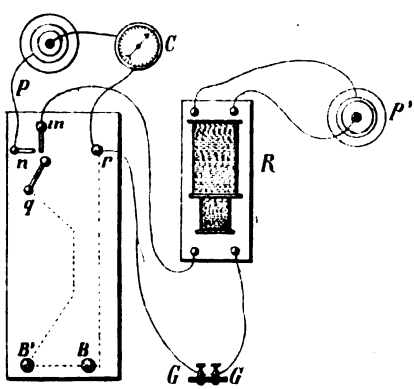


Fig. 12

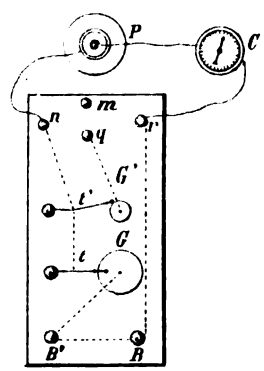


Fig. 13

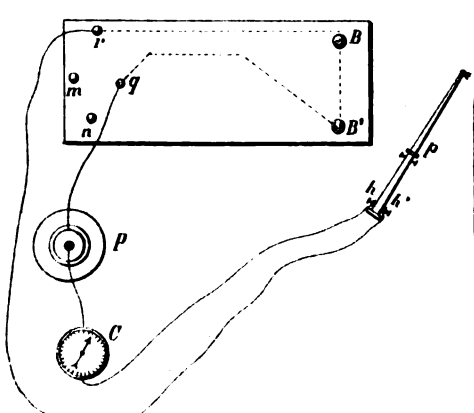


Fig. 14

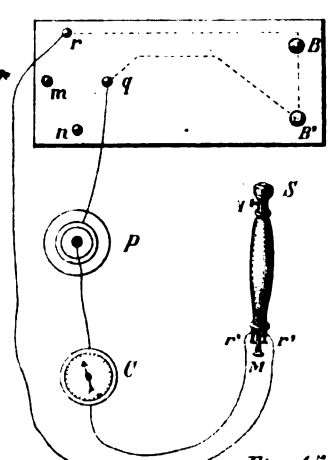
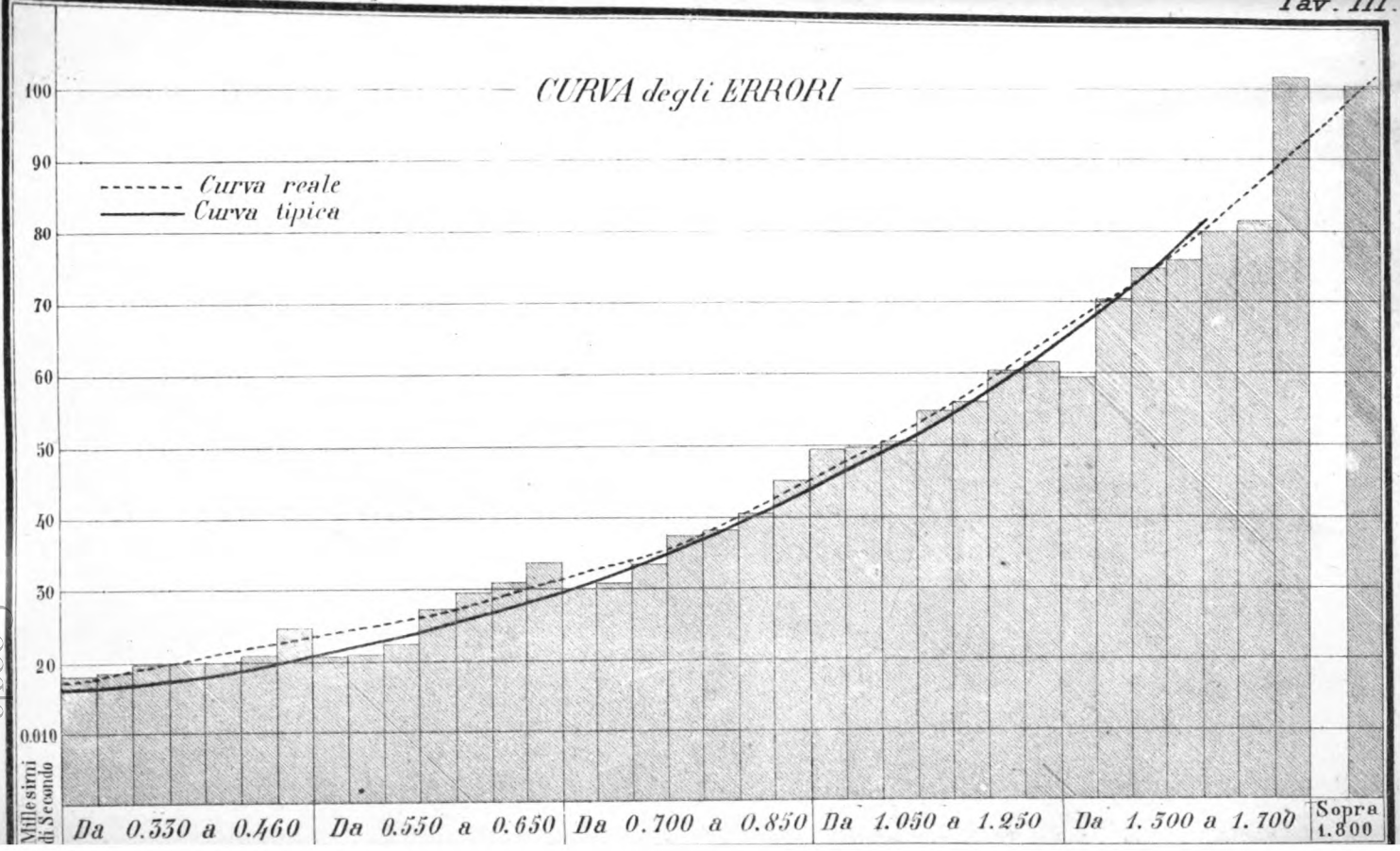


Fig. 15

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

89094622354
B89094622354A

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

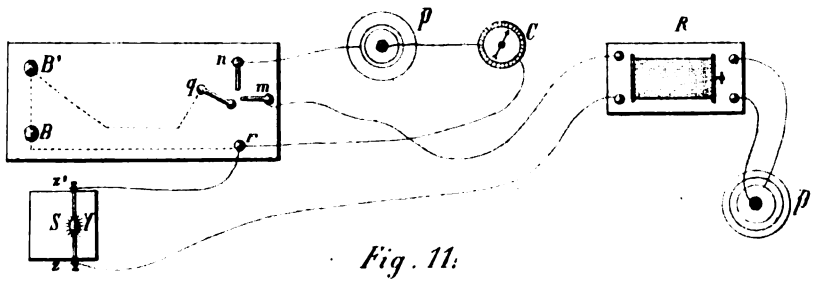


Fig. 11.

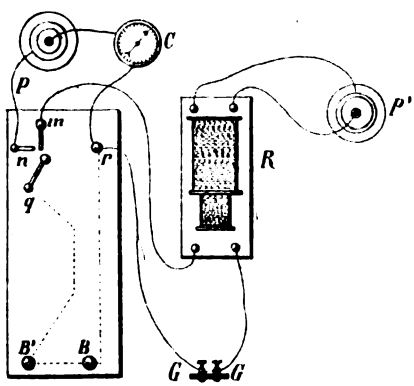


Fig. 12

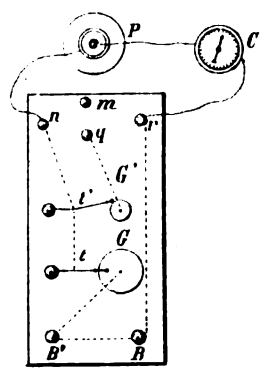


Fig. 13

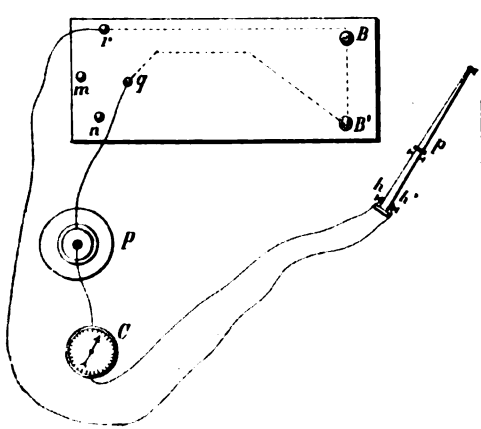


Fig. 14

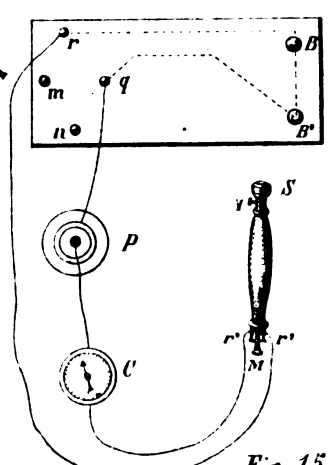
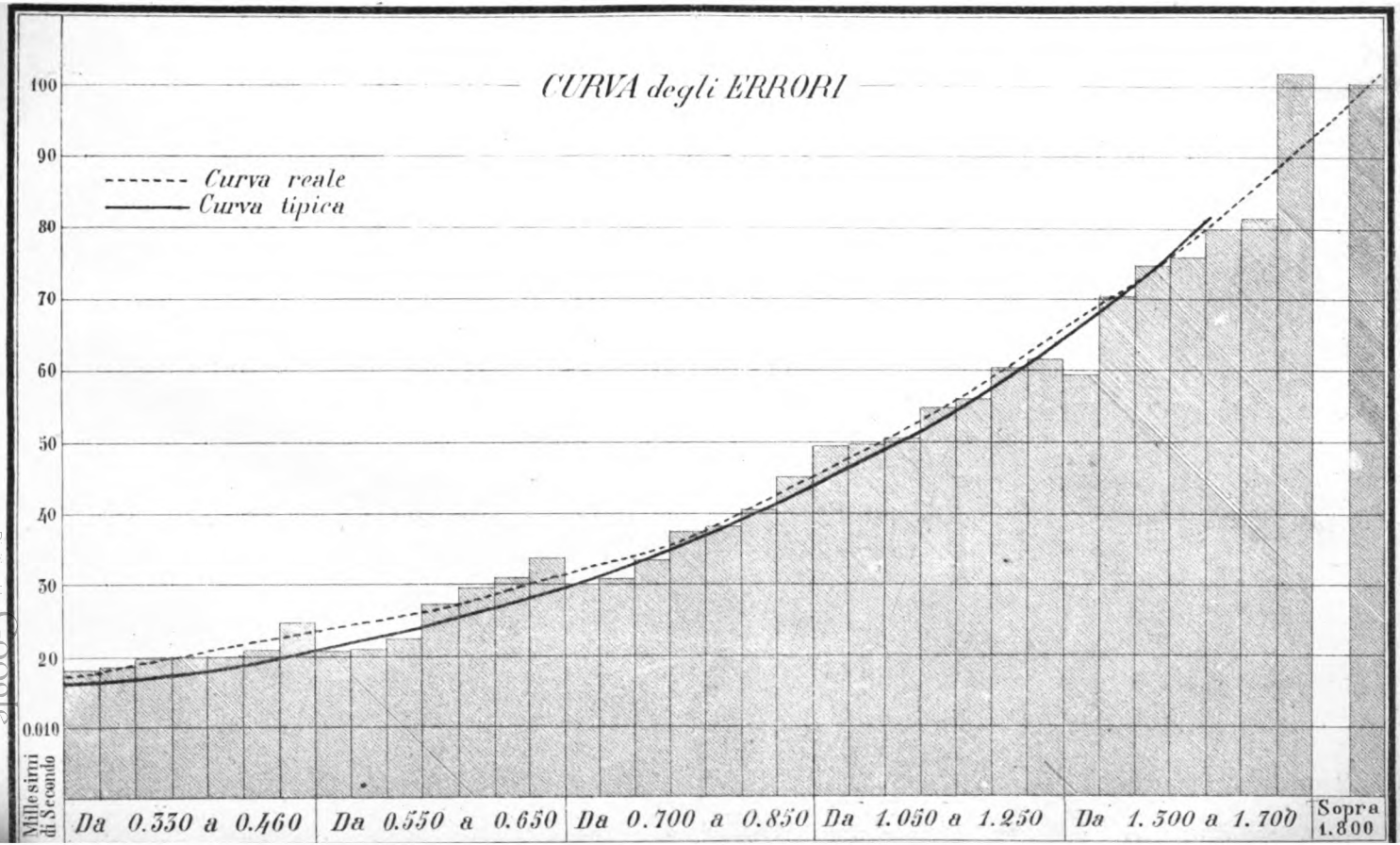


Fig. 15

Digitized by Google

Digitized by Google

BUCCOLA: Il senso del tempo



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

89094622354
B89094622354A

Digitized by Google

Digitized by Google

89094622354

B89094622354A

Digitized by Google

Digitized by Google

89094622354
b89094622354a

Digitized by Google